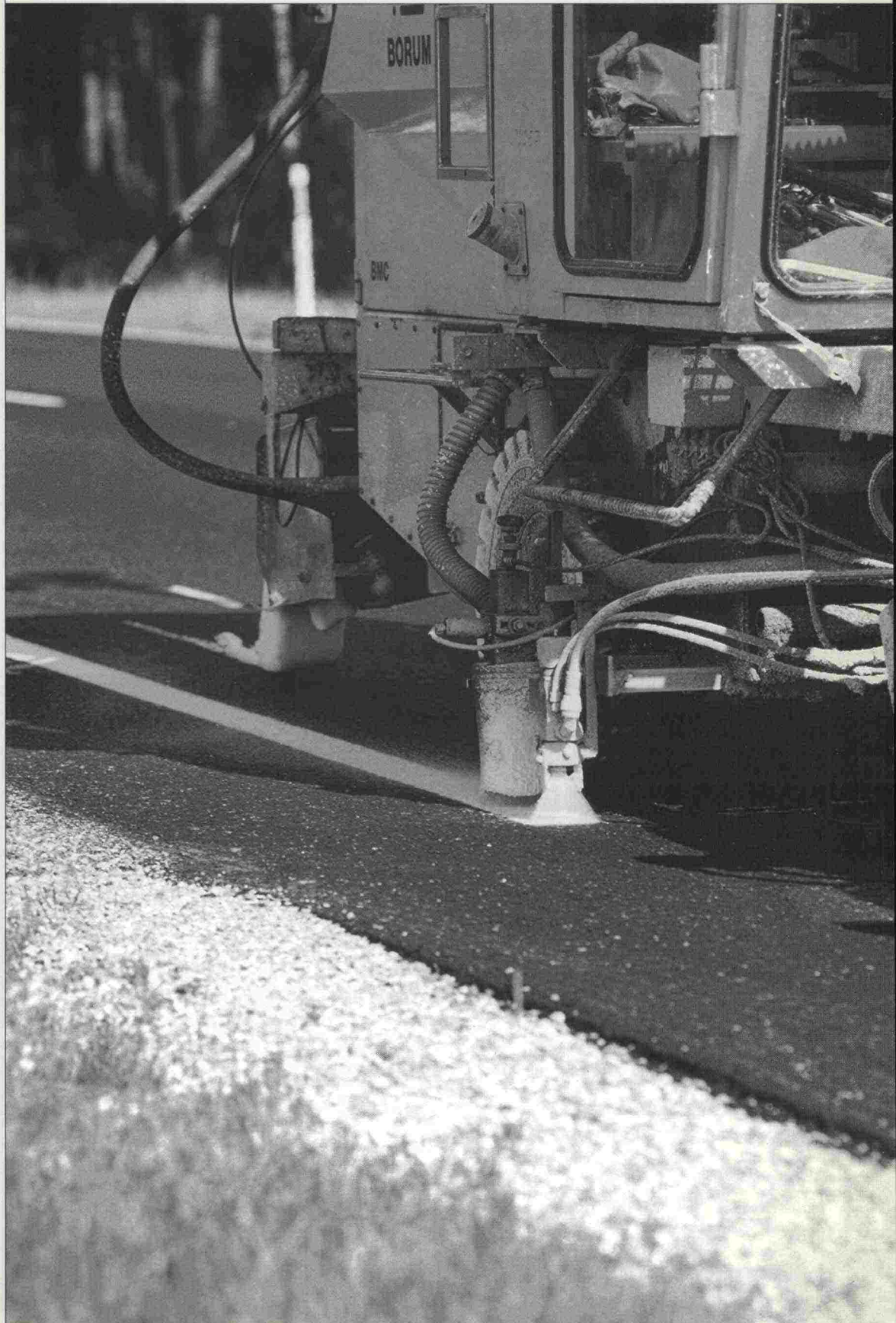




**Tielaitos**

Susanna Ranta, Tapani Mäkinen, Mikko Malmivuo

## **Palautetta antavat tiemerkinnot suistumis- ja kohtaamisonnettomuuksien torjunnassa**



**Tielaitoksen  
selvityksiä**

**1/1998**

Helsinki 1998

**TIEHALLINTO**  
Liikenteen palvelut

Tielaitoksen selvityksiä  
1/1998

Susanna Ranta, Tapani Mäkinen, Mikko Malmivuo

**Palautetta antavat tiemerkinnot suistumis-  
ja kohtaamisonnettomuuksien torjunnassa**

**Tielaitos**  
TIEHALLINTO

Helsinki 1998

ISBN 951-726-385-6  
ISSN 0788-3722  
TIEL 3200488

Oy Edita Ab  
Helsinki 1998

Julkaisua myy:  
Tielaitoksen kirjasto



**Tielaitos**  
TIEHALLINTO  
Liikenteen palvelut  
Opastinsilta 12 A  
PL 33  
00521 HELSINKI  
Puhelinvaihde 0204 44 150



Susanna Ranta, Tapani Mäkinen, Mikko Malmivuo: Palautetta antavat tiemerkinnät suistumis- ja kohtaamisonnettomuuksien torjunnassa. Helsinki 1998. Tielaitos, Tielaitoksen selvityksiä 1/1998. 40 s. + liitt. 4 s. ISBN 951-726-385-6. ISSN 0788-3722. TIEL 3200 488.

**Asiasanat:** Tiemerkinnät, profiloidut merkinnät, tärinäviiva, liikenneturvallisuus, suistumisonnettomuus, kohtaamisonnettomuus

**Aiheluokka:** 82

## TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tavoitteena oli kerätä kirjallisuuden ja haastattelujen avulla tietoa palautetta antavien tiemerkintöjen käytöstä sekä niihin liittyvästä tutkimustiedosta, erityisesti käyttäytymis- ja turvallisuusvaikutusten näkökulmasta. Tutkimus käsittelee pääasiassa tärisevien tien pituussuuntaisten merkintöjen käyttöaluetta ja potentiaalia suistumis- ja kohtaamisonnettomuuksien ehkäisemisessä. Suistumis- ja kohtaamisonnettomuuksien henkilövahinkojen osuus vuosien 1991–1996 tutkijalautakunta-aineistossa oli noin 65 %.

Tärinäviivojen tarkoituksenmukainen käyttö edellyttää, että niitä käytetään teillä, joiden leveys ja etenkin piennarleveys on riittävä ja lisäksi liikennettä on riittävästi. Esimerkiksi noin 13 % kaikista kuolemaan johtaneiden suistumisonnettomuuksien henkilövahingoista (vuosittain noin 22 henkilövahinkoa) oli sellaisia, jotka tapahtuivat hyvillä keleillä kestopäälysteisellä teillä, joiden piennarleveys oli vähintään 80 cm.

Esimerkkilaskelmiin perustuen arvioitiin palautetta antavien reuna- ja keskiviihamerkintöjen vaikutuspotentiaaliksi vähintään noin 5-10 % suistumis- ja kohtaamisonnettomuuksista.

Erlaisia täriseviä viivoja on kokeiltu ainakin Ruotsissa, Hollannissa, Tanskassa, Ranskassa, Iso-Britanniassa ja Yhdysvalloissa. Euroopassa kokeilut ovat olleet suhteellisen pieniä ja niissä on pääasiassa keskitytty melu- ja tärinävaikutuksen sekä teknisten ominaisuuksien kuten kunnossapidon ja merkintöjen kestävyysden selvittämiseen.

Tämän tutkimuksen esikokeessa saatiin näyttöä siitä, että profiloinnilla voidaan parantaa tiemerkintöjen märkänäkyvyyttä.

Tärinäviivojen vaikutusta ajoneuvojen sivuttaisasemaan ja ajonopeuksiin on tutkittu jonkin verran. Selvitys ei tuonut esiin tutkimuksia, joissa olisi tutkittu tärisevien merkintöjen vaikutusta kuljettajien reagointiin ajettaessa niiden päälle. Myöskään ei ole tietoa siitä, miten tärisevät viivat vaikuttavat kuljettajiin, joilla on selvästi alentunut reagointikyky (esim. nukahtaminen, alkoholin vaikutuksen alaisena ajaminen). Onnettomuustilastoihin perustuvia turvallisuus selvityksiä ei ole Euroopassa tehty. Yhdysvalloissa on saatu viitteitä siitä, että tärisevät reuna- ja keskiviiat vähentävät onnettomuuksia.



Susanna Ranta, Tapani Mäkinen, Mikko Malmivuo: *Palautetta antavat tiemerkinnot suistumis- ja kohtaamisonnettomuuksien torjunnassa. [Preventing running off the road and head-on accidents with profiled road markings]*. Helsinki 1998. Finnish National Road Administration. 40 p. + apps. 4 p. ISBN 951-726-385-6. ISSN 0788-3722. TIEL 3200 488.

**Keywords:** Profiled markings, traffic safety, run-off-the-road accident, head-on accident

## ABSTRACT

The aim of this study was to review the research and carry out expert interviews on the effects of profiled road markings. The study focuses on behavioural and safety effects of profiled road markings.

Profiled road markings used as edge or centre lines might have potential for reducing the number of run-off-the-road and head-on accidents. The share of personal injuries in these accidents in the Accidents Investigation Teams data files from 1991 to 1996, was about 65 % in Finland.

It is suggested that the cost-effective use of profiled road markings requires road stretches with wide enough lanes and shoulders and sufficient traffic volumes. The study revealed, for example, concerning profiled edge markings, the shoulders should be made wide enough for the driver to have sufficient reaction time.

There are, however, no guidelines based on research results for the appropriate shoulder widths. For example, in Finland, about 13 % of personal injuries in fatal run-off-the-road accidents (some 22 per year) occur in conditions of no ice or snow on roads where there are paved shoulders wider or at least 80 cm.

It was estimated that the potential of profiled markings would be at minimum 5-10 % of run-off-the road and head-on injury accidents.

Different profiled road markings have been tested at least in Denmark, France, Great Britain, the Netherlands, Sweden and the United States. In Europe, the studies on the effects of profiled road markings have been small scale and they have mainly focused on noise and vibration effects, and also on technical aspects such as the maintenance and the durability of markings.

The preliminary tests of this study revealed that with profiled markings it is possible to improve the wet retroreflectivity of the markings.

There are some studies on the influence of profiled road markings on the lateral position of cars and driving speeds. There are, however, no results on the effects of profiled road markings on the reactions of drivers in general or on driver impairment such as falling asleep at wheel or driving under the influence of alcohol. There is no European data available for the safety analysis of the effects of profiled road markings. The accident rate comparisons have been made only in the United States, where the results suggest that the effects of profiled road markings are fairly positive.

## ALKUSANAT

Tielaitos tilasi toukokuussa 1997 VTT Yhdyskuntatekniikalta tutkimuksen palautetta antavien tiemerkintöjen käytöstä suistumis- ja kohtaamisonnettomuuksien torjunnassa. Tämä raportti on valmistunut osana ko. toimeksiantoa.

Tilaajan yhdyshenkilönä Tielaitoksen liikenteen palvelukeskuksessa on toiminut Kullervo Havu. Tutkimuksen projektiryhmään ovat kuuluneet puheenjohtajana Kullervo Havu sekä jäseninä Mikko Karhunen Tielaitoksen liikenteen palvelukeskuksesta, Per-Olof Linsén Tielaitoksen liikenteen palvelukeskuksesta, Asko Mettälä Turun tiepiiristä, Reijo Hörkkö Turun tiepiiristä, Pertti Yli-Törmänen Lapin tiepiiristä, sekä tutkimuksen tekijän edustajina Tapani Mäkinen, Susanna Ranta, Timo Unhola ja Mikko Malmivuo.

VTT:ssä tutkimuksesta on vastannut Tapani Mäkinen. Tutkimuksen ovat tehneet Tapani Mäkinen, Susanna Ranta ja Mikko Malmivuo. Raportin kirjoittamisesta on pääosin vastannut Ranta. Raporttia ovat kommentoineet tilaajan lisäksi Timo Unhola ja Veli-Pekka Kallberg VTT Yhdyskuntatekniikasta.

---

**SISÄLTÖ**

---

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	5
ALKUSANAT	7
1 JOHDANTO	11
1.1 Tausta	11
1.2 Tarkoitus	13
2 TÄRISTÄVÄT VIIVATYYPIT	14
2.1 Käyttö ja kokemuksia eri maissa	14
2.1.1 Suomi	14
2.1.2 Ruotsi	15
2.1.3 Norja	15
2.1.4 Tanska	15
2.1.5 Iso-Britannia	15
2.1.6 Hollanti	16
2.1.7 Ranska	16
2.1.8 Yhdysvallat	16
2.2 Hyvät ja huonot puolet	17
2.2.1 Toimivuus	17
2.2.2 Ympäristön melutaso	19
2.2.3 Kuljettajien reagointi palautteeseen	20
2.2.4 Kevyt liikenne	20
3 TURVALLISUUSVAIKUTUSTEN ARVIOINTI	21
3.1 Onnettomuuksien torjumismahdollisuudet	21
3.1.1 Suistumisonnettomuudet	25
3.1.2 Kohtaamisonnettomuudet	28
3.2 Täryviivojen turvallisuusvaikutuksia koskevat tutkimukset	30
3.2.1 Vaikutukset ajoneuvojen sivuttaisasemaan ja ajonopeuteen	31
3.2.2 Vaikutukset onnettomuuksiin	33
3.2.3 Yhteenveto	34
4 PÄÄTELMÄT	36
5 KIRJALLISUUTTA	38



# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tausta

Liikennevahinkojen tutkijalautakuntien tutkimat moottoriajoneuvossa kuolleiden onnettomuuksia koskevat raportit osoittavat, että suistumis- ja kohtaamisonnettomuuksien syyt vaihtelevat paljon (esim. Karttunen 1995, Huttula & Ernvall 1996, Räsänen 1997). Näistä esimerkiksi ajoneuvon hallinnan menetykseen on haettu syitä niin kuljettajien, ajoneuvon kuin ympäristönkin ominaisuuksista. Pelkistäen viime kädessä kuitenkin kuljettajan toiminta ratkaisee, mitä liikenteessä tapahtuu. Onnettomuuksien eri torjuntakeinoja voidaan myös tarkastella sen mukaan, miten paljon luotetaan kuljettajan mahdollisuuksiin itse säädellä omaa toimintaansa.

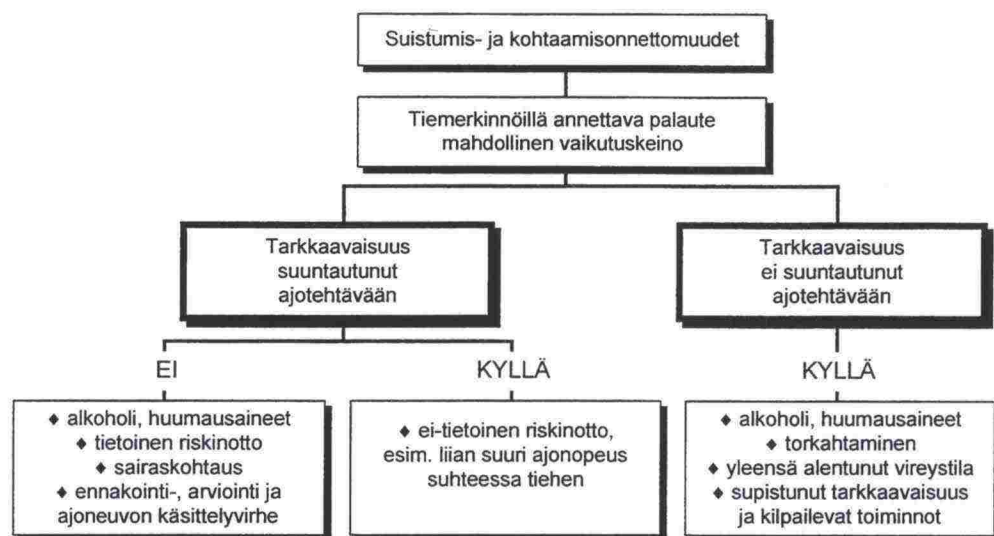
Ympäristö ja tulevaisuudessa myös auto voidaan rakentaa sellaiseksi, että virheet merkittävästi vähenevät. Yksilön vapautta ja omaa harkintaa korostava ihmiskuva puolestaan tukeutuu siihen, että turvallisuuden kohenemiseksi riittää, kun kuljettajalle annetaan riittävät tiedot ja taidot informaation ja koulutuksen muodossa. Näiden kahden ääripään väliin jää lähestymistapa, jossa käytetään hyväksi tietoa siitä, että ihminen on palauteohjautuva olento.

Liikenteessä tietoa ihmisen palauteohjautuvuudesta on käytetty monella tavalla hyväksi. Liikennettä valvovan poliisin antamat rangaistukset edustavat tämän ulottuvuuden voimakkaaksi koettua päätä. Tienvarteen näyttötaulujen avulla tuotettu tieto ajonopeudesta tai aikaväleistä käyvät esimerkkeinä lieviä palautemuodoista.

Karkeasti yleistäen, ajotehtävä ei saisi olla liian vaikea eikä liian helppo. Taajama- ja kaupunkiolosuhteissa voidaan joutua helposti tilanteeseen, jossa kuljettajalle on tarjolla liikaa informaatiota ympäristöstään, jolloin on ylikuormittumisen vaara. Toisena ääripäänä on esimerkiksi pitkään jatkuva ajaminen vähän virikkeitä tarjoavassa ympäristössä. Sitä voi seurata kuljettajan aikaisemman kuorituksen mukaan joko vireystason lasku tai suoranainen väsymystila. Edelleen tällainen ympäristö voi vireystilan pitämiseksi optimaalisena johtaa korvaaviin toimintoihin, jotka vievät huomion pois ajoneuvon hallinnasta.

Tarkkaa käsitystä ei ole siitä, miten suuri osuus onnettomuuksista ajoneuvon suistumisesta toiselle kaistalle tai tien ulkopuolelle aiheutuu puhtaasta väsymyksestä, ympäristön tai olosuhteiden vuoksi tapahtuvasta vireystilan laskusta tai tarkkaavaisuuden suuntautumisesta pois ajotehtävästä. Jäljempänä esiteltävä tarkastelu tutkijalautakuntien tutkimista vakavista onnettomuuksista valottaa hieman sitä, miten suuri osa tällaisista onnettomuuksista aiheutuu edellä mainituista tekijöistä, tietoisesta riskinotosta, alkoholista tai sairaskohtauksesta.

Seuraavassa tarkastellaan lyhyesti sitä, mikä on se alue ei-toivottavassa liikennekäyttäytymisessä, johon ajoradasta tuotettavalla palautteella voitaisiin ajatella vaikutettavan (kuva 1).



Kuva 1. Tiemerkinnoilla annettavan palautteen mahdollinen vaikutuskeino suistumis- ja kohtaamisonnettomuuksien torjunnassa.

Kuvan 1 perusteella voidaan esittää, että niin kohtaamis- kuin suistumisonnettomuuksista osa aiheutuu huolimatta siitä, että tarkkaavaisuus on suuntautunut ajotehtävään. Yleensä kysymys on sellaisista onnettomuuksista, joissa kuljettaja ei ole jostakin syystä kyennyt hallitsemaan ajoneuvoaan vaikka tarkkaavaisuus onkin suuntautunut ajotehtävään. Tällaisia onnettomuuksia aiheuttaa riskinotto, joko voimakkaassa humalatilassa ajaminen tai sitten absoluuttisesti tai olosuhteisiin nähden liian kova nopeus. Nämä ovat tyypillisiä nuorten ja mahdollisesti usein humalatilassa ajavien kuljettajien onnettomuuksia. Samoin äkillinen sairauskohtaus, joka on ikääntyneen väestönosan riski, voi aiheuttaa ajoneuvon suistumisen pois omalta ajokaistalta. Näitä onnettomuuksia tuskin voidaan tiestä annettavalla palautteella vähentää.

Toisen ryhmän muodostavat onnettomuudet, joissa eri syistä johtuen tarkkaavaisuus on muualla kuin ajotehtävässä. Ääritapauksena on torkahtaminen rattiin kesken ajon. Oman ryhmänsä tällä alueella muodostavat onnettomuudet, joissa kuljettajan vireystila ei ole laskenut, mutta tarkkaavaisuus on suuntautunut pois käsillä olevasta ajotoiminnasta. Tähän voivat vaikuttaa keskustelu muiden autossa olijoiden kanssa, autopuhelimen käyttö tai radion säätäminen, tai esimerkiksi voimakkaan tunnetilan johdosta vähentynyt tarkkaavaisuus ajotehtävään. Myös lieviin alkoholitapauksiin on periaatteessa mahdollista vaikuttaa sopivalla palautteella.

Ajoradan pinnasta tuotettua tunto- tai kuuloaistiin perustuvaa palautetta on välitetty kuljettajalle pääasiassa kahdella tavalla:

- 1) Tien poikkileikkauksissa, esimerkiksi risteystä tai tietyökohtetta lähestyttäessä on kuljettajia varoitettu ajoradan poikki asennetuilla tärinäraidoilla tai
- 2) tien pituusleikkaussuunnassa reunaviiva on tavallisimmin rakennettu sellaiseksi, että sen päälle ajaminen tuntuu lievänä tärinänä ajoneuvossa ja samanaikaisesti kuuluu ujelluksena.



Periaatteessa mahdollisuudet vaikuttaa poikkileikkaukseen asennettavan esim. tärinäraidan kautta tarkkaavaisuuteen ja erityisesti ajonopeuden valintaan ovat hyvät. Tämä johtuu siitä, että haluttu vaikutus rajautuu tiettyyn suppeaan alueeseen ja ennen kaikkea siitä, että palautetta tuottava varoitin on mahdollista asentaa riittävän etäälle kohteesta niin, että siihen ehditään reagoida ajoissa. Toisaalta vaikutusalueen suppeus saattaa joissain kohteissa muodostua ongelmaksi.

Ongelmallista tien pituusleikkauksen mukaan asennettavien palautemerkintöjen käytössä on se, että tieympäristö (esim. tien/pientareen leveys, sivuluiskan kaltevuus, esteet) määrittelee jo valmiiksi suurelta osin onko kuljettajalla riittävän pitkä aika tai ylipäänsä mahdollisuuksia reagoida palautteeseen.

## 1.2 Tarkoitus

Vuosina 1989–93 tielaitoksen ylläpitämillä teillä tapahtuneesta 2 140 liikennekuolemasta 21 % aiheutui suistumisonnettomuuksista ja 29 % kohtaamisonnettomuuksista (Peltola 1995). Liikenneturvallisuusasiain neuvottelukunnan liikenneturvallisuussuunnitelman toimenpideohjelmassa vuosille 1997–2000 edellytetään, että suistumis- ja kohtaamisonnettomuuksia pyritään vähentämään ja niiden seurauksia lieventämään (Liikenneturvallisuusasiain neuvottelukunta 1996). Tavoitteen toteutumiseksi tieverkolla tulee kehittää tiemerkinnot ja kuljettajan vireystasoa nostavia toimia. Tällaisia olisivat muun muassa täristävät reunaviivat, kuten kampaviivat, joiden päälle ajaminen tuntuu tärinä ja ujeltavana äänenä autossa. Tärinä- ja äänipalautteen avulla toivotaan lisättävän kuljettajien vireyttä ja auttavan heitä suuntaamaan tarkkaavaisuutta ajoneuvon hallintaan. Liikenneturvallisuussuunnitelmassa esitettiin noin 2 000 km pituista sovellusalueita leveiltä pääteiltä, joilta kokemukset turvallisuusvaikutuksista kerätäisiin.

Tämän työn tarkoituksena on selvittää mahdollisuuksia vähentää suistumis- ja kohtaamisonnettomuuksia tiemerkinnot kuljettajalle tuottaman palautteen avulla. Työ käsittelee pääasiassa täristävien tiemerkinnot mahdollisia vaikutuksia. Täristävillä merkinnoilla tarkoitetaan sellaisia ajoradan pintaan maalamalla tai muulla tavoin tehtäviä merkinnot, jotka joko tärinällä ja/tai äänellä ilmaisevat kuljettajalle ajoneuvon kulkeutumisen merkinnän päälle.

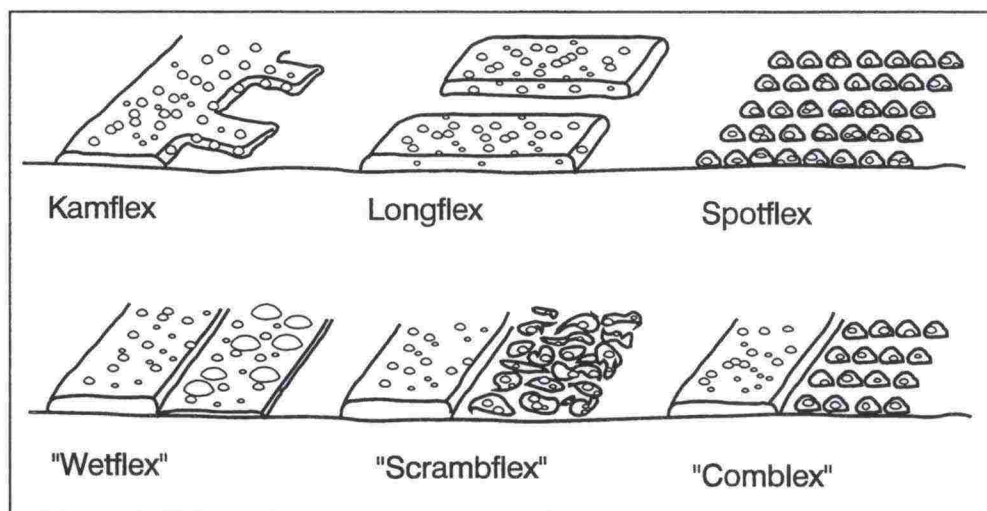


## 2 TÄRISTÄVÄT VIVATYYPIT

### 2.1 Käyttö ja kokemuksia eri maissa

Eri maissa on kokeiltu verrattain monia täristäviä merkintätapoja. Tavoitteena kokeiluissa on ollut löytää merkintätapa, joka antaa riittävästi palautetta eli tärinää ja melua, mutta jonka mahdolliset haitat, kuten esimerkiksi ulkoinen melu, olisivat pieniä. Se, mikä on riittävä palaute, jää usein kuitenkin määrittelemättä. Yleensä riittävyyden arviointi on jäänyt koehenkilöiden subjektiivisten arvioiden varaan; esimerkiksi on kysytty ”uskoisitteko herääväanne, jos ajaisitte nukuksissa tärinäraitojen päältä?”.

Edellä mainituista syistä eri maissa on tällä hetkellä käytössä merkintätapoja, jotka eroavat toisistaan niin muotonsa, tien pinnan suuntaisten mittojensa, kuin paksuutensa tai syvyytensä osalta. Kuvassa 2 on eräitä tunnetuimpia täristäviä reunaviivatyyppisiä. Jokaiseen tyyppiin soveltuvia mitoitusvaihtoehtoja on käytössä hyvin suuri määrä.



Kuva 2. Erilaisia tärinäviivatyyppisiä. Ylärivissä yleisimmin käytössä olevat; alla kehitelmiä (Unhola 1997a).

#### 2.1.1 Suomi

Suomessa on ollut käytössä vain Kamflex-tyyppisiä täristäviä reunaviivoja suhteellisen lyhyillä koeosuuksilla.

Tehdyissä melumittauksissa (Tomi 1995) todettiin, että kuljettajan korvan juuresta mitattuna sisäinen melutaso henkilöautossa nousi 10 dB, pikkubussissa 8 dB ja kuorma-autossa viivan leveydestä (25 cm tai 30 cm) riippuen 1–2 dB. Ulkoinen melutaso reunaviivan päällä ajettaessa nousi tien läheisyydessä (10 m–12 m) pikkubussilla n. 5 dB ja kuorma-autolla n. 2 dB.

Tämän tutkimuksen toimeksiantoon kuului täristäviä merkintöjä koskeva esikoe, joka tehtiin kolmen profiloidun merkinnän minikokeena Turun tiepiirissä syyskuussa 1997 (vt9 Kyrö) (Liite 1; sisältää käytetyn mittausmenetelmän kuvauk-

sen). Mittauksissa saatiin näyttöä siitä, että profiloinnilla on mahdollisuus parantaa tiemerkinnoton märkänäkyvyyttä.

### 2.1.2 Ruotsi

Ruotsissa on käytetty paljon Kamflex-reunaviivatyyppiä. Mittauksissa (Väg- och transportforskningsinstitutet 1993 ja 1996) todettiin, että paluuheijastuvuus oli sitä parempi mitä pienempi oli kamman piikkien välinen etäisyys. Parhaimpiin paluuheijastuvuusarvoihin päästiin 4 mm paksulla merkinnällä, kun piikkien väli oli 18 cm. Kuivissa olosuhteissa paluuheijastuvuudessa ei ollut kuitenkaan suuria eroja eri piikkietäisyyksillä.

Sopivaksi katsottu äänipalaute saatiin syntymään 90 km/h ajonopeudessa, kun merkintäpaksuus oli 4 mm ja kamman piikkien välinen etäisyys 12 cm. Kyseisissä mittauksissa todettiin myös, että mikäli halutaan minimoida henkilöauton aiheuttama ulkoinen melu (nopeudella 90 km/h), piikkien välin tulisi olla 18 cm ja merkintäpaksuuden 2,5 mm.

Uusia jyrskyttäjä tärinäuria (lehtiartikkeli 30.5.1997) on vastikään tehty E4-tielle Linköpingistä pohjoiseen sekä Ljungbyn ohittavalle moottoriliikennetielle. Näillä koereiteillä on tarkoitus tehdä lähiaikoina melu- ja tärinämittauksia sekä haastatella raskaiden ajoneuvojen kuljettajia.

### 2.1.3 Norja

Norjassa käynnistyy tänä vuonna (1998) suhteellisen mittava täristävien viivojen ennen—jälkeen-tutkimus (projektin vetäjänä toimii Terje Giæver). Maan päteistä 700 km merkitään profiloitulla reunaviivalla ja 600 km merkitään profiloitulla keskiviivalla. Profiloitusta merkinnästä ei ole tarkempaa tietoa. Tutkimuksessa analysoidaan onnettomuusaineisto, tutkitaan kuljettajien käyttäytymistä (mitataan pistekohtaisesti ajonopeuksia ja ajoneuvojen sivuttaisasemaa) ja lisäksi tarkastellaan ympäristön melukuormitusta ja vaikutuksia tien kunnossapitoon.

### 2.1.4 Tanska

Myös Tanskassa on tutkittu erityyppisiä palautetta antavia tiemerkinnotonjä. Vastikään ilmestyneessä tutkimuksessa (Vejdirektoratet 1994) kokeiltiin kuutta erityyppistä reunaviivaheijastinta sekä neljätoista eri tavoin profiloitua viivaa. Viivoista olivat mukana mm. Longflex, Spotlex, Ecoflex, Skakflex ja Vibro Sprayline. Vaikutuksista tarkasteltiin koeosuudelle asennettujen merkintöjen paluuheijastuvuutta ja kestävyttä. Vaikka eri viivatyyppien ominaisuuksien välillä olikin suuria eroja, ei tutkimuksessa pystytty nimeämään parasta merkintätapaa.

### 2.1.5 Iso-Britannia

Iso-Britanniassa on käytetty täristäviä tiemerkinnotonjä vuodesta 1984 lähtien (Plant 1995). Kokeiluissa on ollut käytössä mm. shakkilautakuvio (Checkerboard: 5 cm neliötä, 3 riviä, korkeus max. 6 mm), ns. tanskalainen poikkiviiva (Longflex: le-



veys 15 cm, väli 5/10 cm, korkeus 3 mm) ja jatkuva kohoviiva, jossa poikkiraitoja (Raised rib: leveys 15/20 cm, väli 25–1000 cm, korkeus 5–13 mm). Kokemusten perusteella on päädytty suositteluun 6 mm:n korkuista 50 cm:n välein jatkuvaa poikkiviivaa sekaliikenteelle varatulla tiestöllä (Allott & Lomax 1993a). Moottoriteillä ja moottoriliikenneteillä sopivampi poikkiviiva olisi kuitenkin tätä korkeampi. Lisäksi on suositeltu, ettei täristävää viivaa käytettäisi alle 1000 m säteisissä kaarteissa, eikä reunaviivana kaarteisilla teillä, joilla ei ole kestopäällysteistä piennarta.

### 2.1.6 Hollanti

Hollannissa on tutkittu palautetta antavia reunaviivoja melko paljon (ks. kohta 3.2.1 vaikutukset ajoneuvojen sivuttaisasemaan ja ajonopeuteen). Koeosuudet ovat kuitenkin olleet melko lyhyitä. Ainakin on tutkittu Longflex- tyyppisiä koemarkintöjä (Generaal Rijkswaterstaat 1996).

### 2.1.7 Ranska

Ranskassa on kokeiltu kahdentyyppistä täristävää tiemarkintää, joissa on lisäksi vaihdeltu tärinäreunan korkeutta ja kohopintojen etäisyyttä (viite: ranskalainen esitelmä). Markintätapoina olivat kaksiriviset pienet nastat ja kampaviivat. Nastojen korkeuksina käytettiin 4 ja 6 mm (etäisyydet 4, 8 ja 15 cm) ja kampaviivojen korkeuksina 6–16 mm (etäisyydet 60, 100 ja 150 cm). Kokeilussa pyrittiin selvittämään melu- ja tärinävaikutusta sekä kuljettajien mielipidettä käytetyistä merkinnöistä. Kaikilla kokeilumerkinnöillä melutaso nousi yli 3 dBA ja äänekäintä melu oli metrin välein tehdyllä kampaviivalla.

### 2.1.8 Yhdysvallat

Yhdysvalloissa on täristäviä viivoja kokeiltu sekä reunaviivoina että keskiviivan heräteraitana. Reunaviivakokeiluja on ollut useampia ja ne ovat keskittyneet pääosin moottoriteille. Mainen osavaltiossa ensimmäisillä käyttöön otetuilla täristävillä reunaviivoilla ei havaittu odottamattomia, kielteisiä sivuvaikutuksia (Gårder & Alexander 1995). Turvallisuusvaikutuksia ei tutkimuksesta vielä ole saatavilla. Asutuilla alueilla korostettiin meluhaitan huomioon ottamista. Tutkimuksessa tähän mennessä päädyttiin suositteluun täristäviä reunaviivoja maaseudun nelikaistaisille päätteille.

Gårder ja Alexander (1995) esittivät jatkossa tutkimuksia tärinäviivan kokeilemiseksi kaksikaistaisilla teillä ja ajokaistojen välillä keskiviivana. Keskiviivakokeilussa ehdotettiin rajoitettavan ohituskieltoalueille ja kaarteisiin. Kaksikaistaisen teiden reunaviivakokeilu on nähty myös tarpeelliseksi, mutta sen eteneminen on vielä alkuvaiheessa. Kaksikaistaisella tiellä täristävää keskiviivaa on tämän hetken tiedon mukaan kokeiltu ainakin Marylandissä. Marylandin kokeilusta ei ole raportoituja tuloksia, vaan kokemukset perustuvat lähinnä sikäläisen tielaitoksen arvioihin. Niiden mukaan tärinäviivat ovat vähentäneet tarkoituksettomia ja myös tarkoituksellisia keskiviivan ylittämisiä, kuten ohittamisia (Gårder & Alexander 1995). Kokeilun tuloksena on päädytty suositteluun täristävää keskiviivaa vain tienkohtiin, joissa ohittaminen ei ole sallittua. Tällöin heräteviiva toimisi toi-



saalta ohituskiellon vahvistajana, mutta samalla ehkäisisi ajautumista vastaan-tulevan kaistalle.

Gårder ja Alexander (1995) ovat amerikkalaisissa kokeiluissa testanneet SNAP (Sonic Nap Alert Prevention) -tekniikalla tehtyä täristävää viivaa. Viivat synnyttävät sekä tärinää että melua. Siinä täristävät viivat ovat 40 cm leveitä ja 18 cm pitkiä, 13:sta 19:ään mm korkeita ja puolipyöreitä siten, että viivan keskikohdat ovat 30 cm:n päässä toisistaan. Kohoviivat aikaansaavat sen, että auton rengas liikkuu noin 13 mm pystysuunnassa. Melutason auton sisällä on viivojen päällä ajettaessa todettu nousevan noin 20 dB. Viivat eivät ole tien kunnossapitäjien mukaan vaikeuttaneet talvikunnossapitoa.

Korotetun tärinäviivan lisäksi Yhdysvalloissa käytetään myös jyrskyä tärinäviivaa. Mm. Washingtonin osavaltiossa interstate-verkolla sitä käytetään esimerkiksi reunaviivan ulkopuolisella pientareella. Jyrskityn tärinäviivan urat saattavat olla syviä ja niistä lähtevä palaute hyvinkin voimakas (Unhola 1997b).

## 2.2 Hyvät ja huonot puolet

### 2.2.1 Toimivuus

Tiemerkintöjen toimivuutta (*engl. performance*) voidaan mitata neljän eri tekijän suhteen. Ne ovat paluuheijastuvuus (*engl. retroreflectivity*), luminanssi (pintakirkkaus, 'valkoisuus'), kulumiskestävyys ja kitka (liukkaus).

#### 2.2.1.1 Paluuheijastuvuus, märkänäkyvyys ja luminanssi

Tärkeimmäksi täristävien merkintöjen toimivuuden mittariksi on esitetty paluuheijastuvuutta (mm. Nicholson 1993), koska sille asetut vaatimukset ovat yleensä riittävä tae myös muiden tekijöiden hyvästä tasosta. Kuitenkaan huono paluuheijastuvuus ei välttämättä merkitse heikkoa luminanssia, sillä hyvä paluuheijastuvuus edellyttää sopivaa lasihelmien määrää ja laatua, mutta hyvälle luminanssille riittää kirkas, valkoinen pinta ja helmien määrän lisääminen voi pikemminkin heikentää sitä.

Täristävien viivojen hyvät paluuheijastuvuusominaisuudet perustuvat siihen, että kohokuvio heijastaa tavallista merkintää paremmin takaisin niihin osuneen ajoneuvojen valon. Pienempi kuvioiden välinen etäisyys merkitsee parempaa merkinnän heijastuvuutta (Allott & Lomax 1993a). Merkintämassassa voidaan käyttää lasihelmiä, jotka riippuen niiden määrästä, parantavat paluuheijastuvuutta. Suurin mahdollinen helmien määrä ei tosin enää heijasta parhaiten.

Plantin (1995) mittausten (LTL800 Retrometer) mukaan kuivan kelin paluuheijastuvuus huononee viivaan tehtyjen poikkiraitojen välin kasvaessa (taulukko 1). 50 cm:n välein tehdyt 13 mm:n korkuiset raidat heijastivat kuivalla huonoiten, mutta 13 mm:n korkuisella raidoituksella saatiin 5 mm:n korkuista raidoitusta parempia märkänäkyvyyden arvoja.

Taulukko 1. Paluuheijastuvuus englantilaisissa tutkimuksissa (Plant 1995).

Poikkiraitojen välinen etäisyys (mm)	Raidoituksen korkeus (mm)	Paluuheijastuvuus kuivalla keskim. (mcd/m <sup>2</sup> lx)	Märkänäkyvyys keskim. (mcd/m <sup>2</sup> lx)
250	5	222	39
500	5	201	42
250	13	219	69
500	13	158	66

Paluuheijastuvuus saattaa ääriolosuhteissa (esim. sumu tai rankkasade pimeällä) olla ainoa tekijä, jonka kautta kuljettaja saa informaatiota tieympäristöstä. Tästä ei ole kuitenkaan suoranaista mittauksiin perustuvaa tutkimustietoa. Esi-merkiksi tutkimuksia, joissa on arvioitu märkäpaluuheijastuvuuksia on hyvin vähän, mikä kuvastanee käytettyjen mittausmenetelmien kehittymättömyyttä.

Tämän tutkimuksen esikokeesta saatiin tulokseksi, että erilaisten profiloitujen merkintöjen märkänäkyvyyden arvot vaihtelevat suuresti (liite 1).

Graham ym. (1996) tutkivat sitä, mikä olisi riittävä paluuheijastuvuuden taso, kun kriteerinä käytetään yli 60-vuotiaista vähintään 85 %:n mielestä riittävää tasoa. Tulokseksi saatiin 100 mcd/m<sup>2</sup>lx, jossa ei kuitenkaan vielä huomioitu tuulilasin tai ajovalojen mahdollista likaisuutta eikä puutteita ajovaloissa. Likaisuuden huomioimiseksi suositeltiin arviota nostettavaksi arvoon 121 mcd/m<sup>2</sup>lx. Nuorempia koehenkilöitä käsittävässä aikaisemmassa tutkimuksessa päädyttiin suositusarvoon 93 mcd/m<sup>2</sup>lx. Arvoja voidaan verrata mm. Ruotsin tielaitoksen suositusarvoon 75 mcd/m<sup>2</sup>lx, joka tarkoittaa käytännössä havaitsemista 50 metrin etäisyydeltä (Helmerts & Lundkvist 1991). Iso-Britanniassa paluuheijastuvuus ei suositusten mukaan saisi alittaa 100 mcd/m<sup>2</sup>lx (Nicholson 1993). Suomessa paluuheijastuvuus ei myöskään saisi alittaa 100 mcd/m<sup>2</sup>lx nastarengaskauden ulkopuolella. Paluuheijastuvuusmittauksissa Turku–Tornio välillä on kuitenkin todettu, että yli puolet tiestöstä jää alle suositusarvon (Unhola 1997c).

Huolimatta siitä, että paluuheijastuvuudelle on asetettu suosituksia, käytännössä sen laaja inventointi on kallista ja siten todellisuudessa käytettyjen tasojen voidaan olettaa olevan suosituksia alempana. Iso-Britanniassa on inventoinnin puuttumisen todettu aiheuttavan käytännössä myös sen, että rahoitustarpeen perusteleminen on vaikeaa (Nicholson 1993).

Tiemerkintöjen hyvä näkyvyys nostetaan usein esiin siinä mielessä, että turvallisuuden oletetaan parantuvan sitä enemmän mitä paremmin merkinnät näkyvät erityisesti pimeällä ja sadekeilillä. Kuitenkaan 'liian hyvillä' tiemerkinnöillä ei tulisi luoda kuvaa väärästä turvallisuudentunteesta. Tämä saattaa olla haitallista mutkaisilla teillä tai erityisesti sellaisilla teillä, joilla on yksittäisiä jyrkkiä mutkia. Näissä olosuhteissa ajonopeudet saattavat nousta liikaa tien suorilla osuuksilla, jolloin kaarteisiin ajo ei ole enää turvallista. Charnock ja Chessel (1978) ovat todenneet, että reunaviivojen käyttö verrattuna tilanteeseen, jossa ei ole reunaviivoja parantaa turvallisuutta enemmän suorilla kuin mutkaisilla teillä. Aiheeseen on ajatuksellisesti liitettävissä myös suomalaisen reunapaalukokeilun



(Kallberg 1991) tulokset. Tutkimuksen mukaan tien linjan näkymisen parantuminen lisäsi nopeuksia ja onnettomuuksia kapeilla ja kaarteisilla teillä.

### 2.2.1.2 Kulumiskestävyys

Täristävät merkinnot ovat tavallista merkintää paksumman kulutuskerroksen ansioista pitkäikäisiä ja siten eivät välttämättä ole tavallisia tiemerkintöjä merkittävästi kalliimpia. Kuitenkaan tärinäviivojen toiminnallisesta käyttäjästä ei ole tehty tutkimuksia. Krammes ja Tyer (1991) ovat kokeiluissaan havainneet tärinäviivan paluuheijastuvuuden vähenevän selkeästi noin vuodessa, mutta tärinäefektin säilyvän pidempään. Muun päällysteen uusimistarpeen takia tärinäviivan käyttöä ei mahdollisesti voida kuitenkaan kokonaan hyödyntää.

Profiloitujen merkintöjen pitkäikäisyys perustuu paksumman kulutuskerroksen lisäksi siihen, että niiden päällä vältetään ajamista. Tällä perusteella on profiloituja merkintöjä päädytty käyttämään laajalti mm. Ruotsissa.

### 2.2.1.3 Kitka

Suuria alueita tiemerkinnöillä peitettäessä merkinnän pintakerroksen liukkaus saattaa muodostua ongelmaksi. Lisäksi tärinäviivat saattavat aiheuttaa ongelmia tiellä olevan veden pois johtamisessa. Siten on esitetty, ettei tärinäviivana tulisi käyttää yhtenäistä yli 3–4 mm:n viivaa tasaisilla osuuksilla (Allott & Lomax 1993a). Tutkimuksessa havaittiin, että kohokuvion vieressä oleva vesikerros voi muodostua korkeammaksi kuin varsinainen kohokuvio johtuen hydraulisesta paineesta, joka estää veden yli virtaamisen. Tärinäviivaan suositeltiin siten jätettäväksi säännöllisin välein aukkoja. Sateen aikana kaikki aukot, mitoituksista riippuen, eivät välttämättä toimi kunnolla, mutta sateen päättyessä vesi pääsee virtaamaan pois eikä pahimmassa mahdollisessa tilanteessa jäädy.

### 2.2.2 Ympäristön melutaso

Täristävien viivojen on todettu nostavan melutasoa tien lähiympäristössä (mm. Gårder & Alexander 1995). Täristävien reunaviivojen ei periaatteessa pitäisi aiheuttaa jatkuvaa meluongelmaa, sillä ne varoittavat vasta kun ajoneuvo poikkeaa turvalliselta ajolinjalta. Kuitenkin käytännössä meluongelmasta on valitettu, etenkin asutuilla alueilla ja myös maaseudulla yksittäistapauksissa, esim. kesällä kun ikkunat ovat auki. On arvioitu, että tärinäviivoista syntyvä lisämelu aiheuttaa todennäköisimmin haittaa 400 metrin sisällä tiestä asuville, ja mahdollisesti kauemmaksikin, jos tien ja asutuksen välimaastossa ei ole kasvillisuutta. Gårderin ja Alexanderin (1995) tutkimuksessa tärinäviivojen kokeilualueella suhtautuminen tärinäviivoihin oli yleisesti ottaen kuitenkin myönteistä.

Allott ja Lomaxin (1993a) mukaan 13 mm:n korkuiset kampaviivat antavat selvästi suurempia meluarvoja matalampiin merkintöihin verrattuna. Kampaviivituksessa piikkien välisen etäisyyden pidentäminen vähentää melua, kun taas ns. shakkilautakuviossa kohoneliöiden etäisyydellä ei ole merkitystä. Ulkoisen melun havaittiin kasvavan ajonopeuden kasvaessa, ja selvästi etenkin kampa-



viivoilla, kun taas auton sisäinen melu saattoi joillakin autoilla jopa pienentyä kovempaa ajettaessa.

Gårderin ja Alexanderin (1995) mittauksissa normaalin melun huippuarvon on todettu olevan 20 metrin päässä tiestä henkilöautoilla noin 72 dB ja raskailla ajoneuvoilla noin 82 dB. Melumittauksissa ajettaessa täristävien viivojen päällä meluarvot nousivat keskimäärin noin 10 dBA.

### 2.2.3 Kuljettajien reagointi palautteeseen

Tärinäviivojen antaman palautteen pitää olla riittävän voimakas, jotta se "herättää" kuljettajan. Toisaalta suurilla nopeuksilla äkkinäisellä hallitsemattomalla liikkeellä (puhutaan myös ylikompensaatiodista) saattaa olla myös onnettomuuden seurauksia pahentavia vaikutuksia. Esimerkiksi ulosajon seuraukset saattaisivat olla lievempiä kuin korjausliikkeen seurauksena ajautumisesta vastaantulevan kaistalle. Yhdysvalloissa ei onnettomuustilastoista ole saatu tukea epäilyksille, että onnettomuuksien seuraukset olisivat pahentuneet tärinäviivojen käyttöä myötä (Gårder & Alexander 1995). Kuitenkin täristäviä viivoja on pääasiassa käytetty vain kaksiajorataisilla teillä, joilla kohtaamisonnettomuudet ovat suurelta osin jo poistuneet.

### 2.2.4 Kevyt liikenne

Täristävää reunaviivaa voidaan mahdollisesti käyttää myös ajoneuvoliikenteen ja kevyen liikenteen erottamiseen, esimerkiksi, jos ei ole mahdollisuutta rakentaa kevyen liikenteen väylää (mm. Gårder & Alexander 1995, Allott & Lomax 1993a). Liikennemuotojen fyysisen erottamisen suoranaiseksi korvikkeeksi tärinäviivaa ei kuitenkaan suositella. Tarkoituksellisen tai tahattoman ajoneuvojen pientareella ajon vähenemisen myötä kevyellä liikenteellä olisi kuitenkin selkeämmin oma kulkuväylänsä. Toisaalta, jos kevyt liikenne lisääntyy toimenpiteen myötä, saattaa väärä turvallisuudentunne myös johtaa lisääntyneeseen kevyen liikenteen onnettomuuksien määrään.

Kevyen liikenteen kannalta ongelmaksi tärinäviiva saattaa muodostua esimerkiksi kun kulkemiseen soveltuva piennar viivan ulkopuolella ei ole riittävän leveä. Lisäksi tärinäviivat saattavat haitata polku- ja moottoripyörien ohjattavuutta. Korkeat merkinnot voivat myös aiheuttaa jalankulkijoille kompastumisriskin. Yhdysvalloissa on tehty kevyen liikenteen tärinäviivojen ylityskokeita (Gårder & Alexander 1995). Kokeisiin osallistui parikymmentä 16–65-vuotiasta. Tutkimuksessa polku- ja moottoripyöräilijät eivät menettäneet ajokin hallintaa millään käytetyllä nopeudella eikä myöskään eri tavoin ajettaessa tärinäviivojen yli. Tärinäviivat koettiin kuitenkin häiriötekijäksi.

Jos täristävä viivoitus kerää vettä (esim. liian vähän tai liian pieniä aukkoja viivoituksessa veden poisjohtamiseksi), koituu seisova vesi myös kevyen liikenteen ongelmaksi.

### 3 TURVALLISUUSVAIKUTUSTEN ARVIOINTI

#### 3.1 Onnettomuuksien torjumismahdollisuudet

Seuraavassa onnettomuustarkastelussa tullaan arvioimaan miten suuri osa vakavista onnettomuuksista, ottaen huomioon sekä kuvan 1 (s. 12) ryhmittely, ajo-olosuhteet että tien ominaisuudet kuuluu ryhmään, johon voidaan ajoradasta tuotettavalla palautteella ajatella vaikuttavan. Vaikutuksen suuruutta on mahdollonta arvioida ilman laajoja empiirisiä kokeita ja määrittelemättä palautteen antamistapaa, mutta todennäköinen toimenpiteiden kohteeksi tuleva onnettomuusjoukko on mahdollista karkeasti rajata.

Onnettomuuskuvan muodostamisessa käytetään Liikennevakuutusyhtiöiden vuosien 1991–96 tutkijalautakunta-aineistoa, jossa on mukana kaikkien osapuolten tiedot kuolemaan johtaneissa onnettomuuksissa. Tarkastelussa on pääasiassa rajauduttu tutkijalautakunta-aineistoon, koska tarkastelun kohteena olevat suistumis- ja kohtaamisonnettomuudet muodostavat suuren osan kuolemantapauksista taajamien ulkopuolella, ja erityisesti koska aineistossa on tarkat kuvaukset tapahtumien kulusta ja olosuhteista.

Jotta lopuksi saataisiin kuva palautetta antavien merkintöjen mahdollisen vaikutuksen kokonaispotentiaalista, tarkasteltiin myös vuosien 1991–95 kaikkia henkilö- ja materiaalivahinkoon johtaneita onnettomuuksia tielaitoksen rekisteristä.

Vuosien 1991–96 tutkijalautakunta-aineiston henkilövahingot (yht. 4 912) olivat vakavuudeltaan erilaisia:

- 27 % ei vammautunut (1 320 henkilövahinkoa),
- 23 % vammautui lievästi (1 104),
- 10 % vammautui vaikeasti (473) ja
- 41 % kuoli välittömästi (2014).

Kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien henkilövahingoista 44 % oli seurausta kohtaamisonnettomuudesta verrattuna suistumisonnettomuuksien noin puolta pienempään osuuteen 21 % (taulukko 2). Ohitustapahtuma oli syy kuolemaan johtaneeseen kohtaamisonnettomuuteen vain alle 5 % tapauksista.



Taulukko 2. Vuosina 1991–96 (6 vuotta) kuolemaan johtaneista onnettomuuksista seuranneet henkilövahingot eri tyyppisissä onnettomuuksissa (tutkijalautakunta-aineisto).

ONNETTOMUUSTYYPPI		Osuus (%)	Henkilövah. lkm	
			yht.	/vuosi
Kohtaaminen suoralla		27,5	1353	226
Kohtaaminen kaarteessa		12,2	600	100
Kohtaaminen ohitettaessa	suoralla	3,0	149	25
	kaarteessa	1,2	60	10
Suistuminen väistämisen seurauksena		0,1	5	1
Tieltä suistuminen suoralla		9,1	448	75
Tieltä suistuminen kaarteessa		11,8	572	95
yhteensä		65 %	3187	531
Samat ajosuunnat	mikään ajoneuvoista ei ollut kääntymässä	5,4	263	44
Samat ajosuunnat	jokin ajoneuvoista oli kääntymässä	3,6	177	30
Vastakkaiset ajosuunnat	jokin ajoneuvoista oli kääntymässä	2,5	123	21
Risteävät ajosuunnat		19,4	951	159
Jalankulkijaonnettomuus		0,5	29	5
Eläinonnettomuus		1,3	64	11
Muut		2,4	118	20
Kaikki yhteensä		100 %	4912	819

Yllä käytetyssä onnettomuusjaottelussa on syytä huomata, että vaikka suistumiset ja kohtaamiset ovat eri onnettomuustyyppisiä, saattaa esimerkiksi suistuminen johtaa kohtaamisonnettomuuteen ja siten raportoidaan kohtaamisonnettomuutena. Tämän takia kohtaamisonnettomuuksien taustasyissä on ainakin joitain yhteneväisyyksiä suistumisonnettomuuksien syiden kanssa. Todennäköisyys sille, että esimerkiksi vasemmalle suistuminen tai kaiteeseen törmäys johtaa kohtaamisonnettomuuteen riippuu suuresti tien liikennemäärästä. Siten voidaan kohtaamisonnettomuuksien olettaa olevan päätieverkolla suistumisonnettomuuksia suurempi ongelma.

Kun rajataan tarkastelu kestopäällysteisille teille, joilla palautetta antavia tiemerkinnot sovelletaan, nähdään, että kohtaamisonnettomuuden osuus kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien henkilövahingoista on jo lähes puolet kun suistumisonnettomuuden osuus jää 17 %:iin (taulukko 3). Kohtaamisonnettomuuksien henkilövahingoista 88 % (= 1909/2162) tapahtui kestopäällystetyllä tiellä (ei öljysora) kun suistumisonnettomuuksien henkilövahingoista vastaava osuus oli 66 % (= 672/1020) (taulukko 2 ja taulukko 3).



Taulukko 3. Vuosina 1991–96 kuolemaan johtaneista kohtaamis- ja suistumisonnettomuuksista seuranneiden henkilövahinkojen osuudet, kun tarkastellaan vain kestopäällystetyillä teillä tapahtuneita onnettomuuksia (ei öljysora).

ONNETTOMUUSTYYPPI	Osuus (%)	Henkilövahinkojen lkm
Kohtaaminen suoralla	31,5	1247
Kohtaaminen kaarteessa	11,7	463
Kohtaaminen ohitettaessa suoralla	3,6	144
kaarteessa	1,4	55
Tieltä suistuminen suoralla	8,1	320
Tieltä suistuminen kaarteessa	8,9	352
<b>yhteensä</b>	<b>65 %</b>	<b>2581</b> (kaikki yht. 3953)

Tielaitoksen henkilövahinko-onnettomuuksien (ja kaikkien onnettomuuksien) aineistossa kohtaamisonnettomuuksia oli enää noin 10 % verrattuna suistumisonnettomuuksien noin 30 % osuuteen (taulukko 4). Tämä johtuu siitä, että kohtaamisonnettomuuksia, niiden vakavuudesta huolimatta, on suhteellisesti ottaen vähän.

Lisäksi onnettomuuksia tarkasteltaessa peittyi se seikka, että kohtaamisonnettomuuksista seuraa suistumisonnettomuuksiin verrattuna keskimäärin enemmän henkilövahinkoja. Henkilövahinko-onnettomuutta kohden kohtaamisonnettomuudesta seuraa keskimäärin 1,7 loukkaantumista kun suistumisonnettomuuden vastaava luku on 1,3 (taulukko 5). Puolestaan todennäköisyys, että kohtaamisonnettomuus johtaa kuolemaan on moninkertainen verrattuna suistumisonnettomuuden todennäköisyyteen.

Taulukoista 2 ja 4 nähdään lisäksi, että tieltä suistuminen suoralla oli harvemmin seurauksiltaan yhtä vakava kuin tieltä suistuminen kaarteessa, jonka osuus oli likipitään yhtä suuri tielaitoksen ja tutkijalautakunta-aineistossa.

Taulukko 4. Vuosina 1991–95 (5 vuotta) henkilövahinko-onnettomuuksien (kaikki onnettomuudet suluissa) jakautuminen onnettomuustyyppeihin (tielaitoksen aineisto).

ONNETTOMUUSTYYPPI		Osuus (%)	Hv-onn. (kaikki onn.) lkm	
			yht.	/vuosi
Kohtaaminen suoralla		7,6 (4,4)	1370 (2578)	274 (516)
Kohtaaminen kaarteessa		3,6 (2,5)	653 (1478)	131 (296)
Kohtaaminen ohitettaessa	suoralla	0,009 (0,06)	171 (349)	34 (70)
	kaarteessa	0,002 (0,01)	35 (74)	7 (15)
Suistuminen väistämisen seurauksena		0,005 (0,008)	98 (499)	20 (100)
Tieltä suistuminen suoralla		18,1 (16,2)	3272 (9550)	654 (1910)
Tieltä suistuminen kaarteessa		12,7 (8,6)	2300 (5074)	460 (1015)
<b>yhteensä</b>		<b>44 % (34 %)</b>	<b>7899 (20002)</b>	<b>1580 (4000)</b>
Samat ajosuunnat	*1)	8,7 (10,1)	1578 (5947)	316 (1189)
Samat ajosuunnat	*2)	8,3 (7,8)	1495 (4590)	299 (918)
Vastakkaiset ajosuunnat	*3)	4,6 (3,3)	841 (1954)	168 (391)
Risteävät ajosuunnat		19,3 (14,5)	3491 (8580)	698 (1716)
Jalankulkijaonnettomuus		6,6 (2,3)	1189 (1361)	238 (272)
Eläinonnettomuus		4,3 (20,9)	782 (12347)	156 (2469)
Muut		4,6 (7,2)	839 (4235)	168 (847)
<b>Kaikki yhteensä</b>		<b>100 %</b>	<b>18114 (59016)</b>	<b>3623 (11803)</b>

1) mikään ajoneuvoista ei ollut kääntymässä

2) jokin ajoneuvoista oli kääntymässä

3) jokin ajoneuvoista oli kääntymässä



*Taulukko 5. Kohtaamis- ja suistumisonnettomuuksien tunnuslukuja. Tielaitoksen tilastoimat onnettomuudet vuosilta 1991–95.*

Onnettomuustyyppi	Kaikki onnettomuudet		Henkilövahinko-onnettomuudet	
	Loukk. Lkm/ onn.	Kuoll. Lkm/ onn.	Loukk. Lkm/ onn.	Kuoll. Lkm/ onn.
Kohtaamisonnettomuudet	4012/4978 = 0,8 loukk./onn.	678/4978 = 0,14 kuoll./onn.	4012/2327 = 1,7 loukk./onn.	678/2327 = 0,29 kuoll./onn.
Suistumisonnettomuudet	7674/16059 = 0,5 loukk./onn.	384/16059 = 0,02 kuoll./onn.	7674/5807 = 1,3 loukk./onn.	384/5807 = 0,07 kuoll./onn.

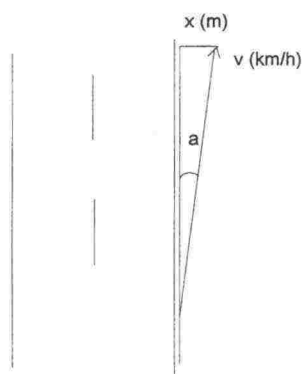
### 3.1.1 Suistumisonnettomuudet

Eräissä tärstäviä reunaviivoja ja suistumisonnettomuuksia koskevissa tutkimuksissa (mm. Gårder & Alexander 1995, Allott & Lomax 1993a) on päädytty siihen, ettei tärstävän reunaviivan käytölle olisi perusteita muulloin kuin jos päällystetty (tai ainakin ajokelpoinen) piennar viivan ulkopuolella on riittävän leveä. Riittäväksi leveydeksi on ehdotettu vähintään noin yhtä metriä, joka mahdollistaisi sen, että kuljettaja parhaassa tapauksessa ehtisi toimia palautteen saamisen jälkeen. Tämä lähtee siitä oletuksesta, ettei palautetta antavilla tiemerkinnoilla ole vaikutusta kuin ajokaistaltaan ajautuvan kuljettajan "herättämiseen".

Suomessa 1970-luvulla tehdyn tutkimuksen mukaan yksittäisissä kuolemaan johtaneissa suistumisonnettomuuksissa suistuminen tapahtui suoralla tiellä oikealle keskimäärin noin 12 asteen ja vasemmalle noin 16 asteen kulmassa tien kulkusuuntaan (Ehrola 1981). Kaarteissa keskimääräiset suistumiskulmat vaihtelivat 9 ja 13 asteen välillä. Tässä arviossa on mukana pääteiden lisäksi muitakin teitä, jolloin voidaan olettaa pääteiden suistumiskulman olevan pienempi, koska suurempi ajonopeus merkitsee yleensä pienempää suistumiskulmaa. Amerikkalaisen tutkimuksen mukaan moottoriteillä keskimääräinen suistumiskulma oli niinkin pieni kuin 3 astetta (Gårder & Alexander 1993).

Esimerkeillä voidaan havainnollistaa, mitä vaatimuksia ajoradan ulkopuolisella alueella tulisi olla, jotta tieltä suistumiselta välttyttäisiin tai ainakin suistumisen seuraukset lievenisivät. Kun oletetaan ajoneuvon nopeus sen lähtiessä tieltä ja kuljettajan reaktioaika, voidaan arvioida, kuinka pitkällä auto on suoralla tiellä tien reunasta (x metriä) ennen kuin kuljettajan toimien voidaan olettaa vaikuttavan (3, 6). Esimerkit on laskettu erikseen 3, 5 ja 12 asteen suistumiskulmille. Esimerkeissä havainnollistuu selvästi, että suistumiskulman on oltava hyvin pieni ja tien reunan ajamiseen soveltuva ja loiva, jotta käytännössä tärinäviivalla on merkitystä etenkin nukahtamistapauksiin, joissa reaktioajat ovat pidempiä. Amerikkalaisen tutkimuksen (Cheng, Gonzalez & Christensen 1994) mukaan kuljettajan reagointi odottamattomaan informaatioon kestää keskimäärin hieman alle yhden sekunnin. Suomalaisessa tutkimuksessa (Summala 1981) on todettu odottamattomaan informaatioon reagoimisen vaihtelevan kuitenkin hyvin paljon. Reaktioajat ovat vaihdelleet alle sekunnista jopa kolmeen sekuntiin.





Kuva 3. Suoralta tieltä suistuminen ajonopeudella  $v$  (km/h) ( $a$  = suistumiskulma).

Taulukko 6. Esimerkkilaskenta siitä, mikä on reaktioaikana kuljettu ajoneuvon kohtisuora etäisyys ajoradan reunasta ( $x$  metriä) ajoneuvon suistuessa 12, 5 tai 3 asteen suistumiskulmassa 80 ja 100 km/h ajonopeuksilla.

Ajonopeus 80 km/h	Reaktioaika 0,5 s.	Reaktioaika 1 s.	Reaktioaika 2 s.
suistumiskulma 12°	2,3 m	4,6 m	9,2 m
5°	1,0 m	1,9 m	3,9 m
3°	0,6 m	1,2 m	2,3 m
Ajonopeus 100 km/h	Reaktioaika 0,5 s.	Reaktioaika 1 s.	Reaktioaika 2 s.
suistumiskulma 12°	2,9 m	5,8 m	11,6 m
5°	1,2 m	2,4 m	4,8 m
3°	0,7 m	1,5 m	2,9 m

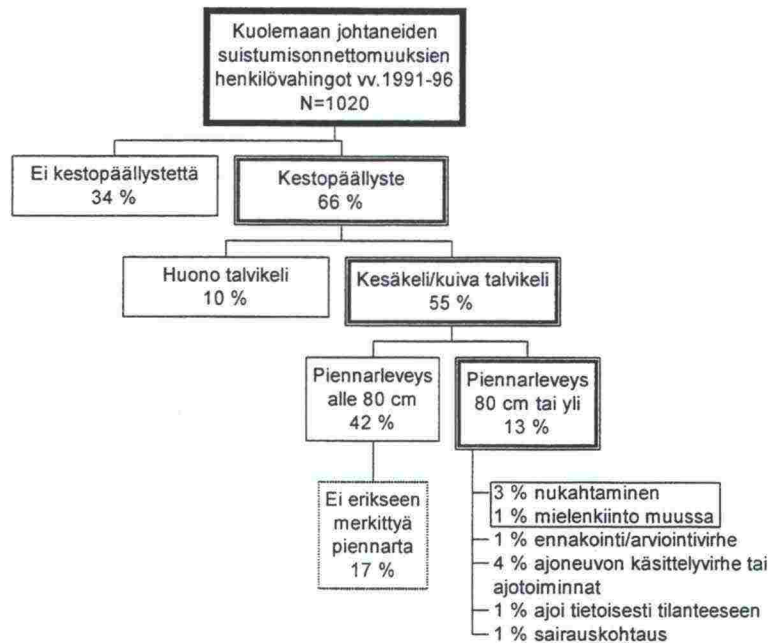
Edellä on tarkasteltu lähinnä palautetta antavan reunamerkinnot potentiaalia suistumisonnettomuuksien ehkäisemiseksi. Kun tarkastellaan pelkästään suistumisonnettomuuksia, on ajateltavissa, että palautetta antavilla keskiviivamerkinnoilla on mahdollisuus ehkäistä vasemmalle suistumisia.

Jotta tärinäviivat yleisemminkin vähentäisivät ja lieventäisivät suistumisonnettomuuksia, pitäisi tien reunan olla tasainen ja pientareen ja sivuluiskan liittymäkohdan loiva (esim. 1:8) ja itse sivuluiskan loiva (esim. 1:4, ehdotus tielaitoksen uudeksi ohjeeksi vilkasliikenteisillä teillä) ja ajokelpoinen. Jos esimerkiksi päällysteen ja pientareen rajapinnassa on korkeuseroa, saattaa mahdollisen säikähtämisen seurauksena käynnistyvä kuljettajan toiminta johtaa pahempaan seuraukseen, esim. ajoneuvo kimpoaa hallitsemattomasti hätäisen liikkeen seurauksena vastaantulevan kaistalle tai pyörähtää ympäri.

### 3.1.1.1 Esimerkkilaskenta vaikutuspotentiaalista

Rajataan tapahtuneiden kuolemaan johtaneiden suistumisonnettomuuksien henkilövahinkojen perusteella se henkilövahinkojen joukko, johon palautetta antavat reunamerkinnot voisivat vaikuttaa. Laskennan yksinkertaistamiseksi oletetaan, että palautetta antavilla reunamerkinnoilla on vaikutusta vain kun niiden yli ajetaan eli silloin kun ne "herättävät" kuljettajan. Merkinnot vaikuttavat lisäksi muullakin tavoin, kuten esimerkiksi parantuneen näkyvyyden kautta.

Vuosina 1991–1996 kuolemaan johtaneista suistumisonnettomuuksista seurasi 1020 henkilövahinkoa, joista noin 66 % (N= 672) tapahtui kestopäällysteellä (kuva 4). Kun tärisevillä reunaviivoilla on syytä olettaa olevan vaikutusta vain kuivalla, kostealla ja märällä kelillä, jää jäljelle 55 % (N= 564) kaikista kuolemaan johtaneiden suistumisonnettomuuksien henkilövahingoista.

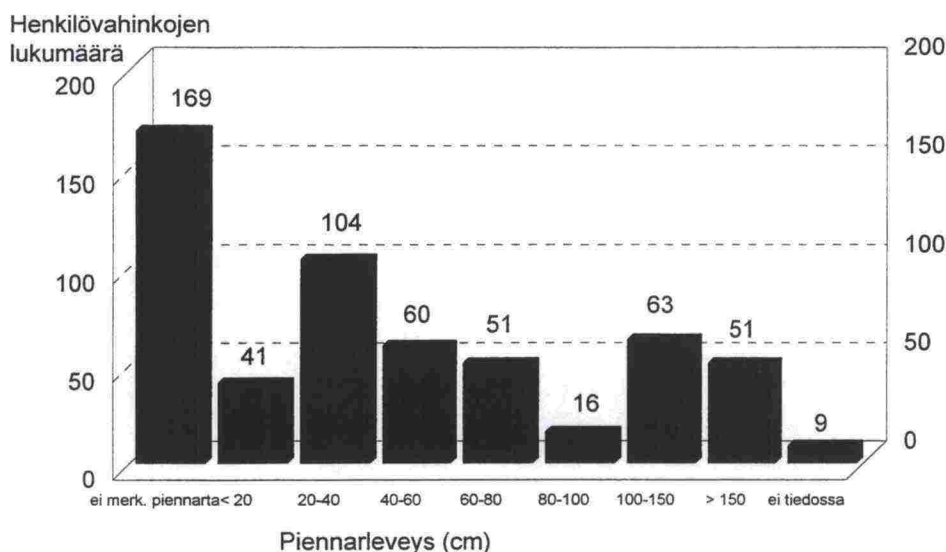


Kuva 4. Palautetta antavien merkintöjen mahdollinen vaikutuspotentiaali kuolemaan johtaneissa suistumisonnettomuuksissa.

Esimerkiksi jos edellytetään kuvan 4 mukaisesti kestopäällysteiden tien pientareen leveydeksi vähintään 80 cm, jää tutkijalautakunta-aineistossa tarkasteluun 13 % (N= 130) henkilövahingoista (ks. myös kuva 5). Tästä aineistosta arviolta alle kolmasosaan (nukahtaminen 23 %, mielenkiinto muualla 5 %) eli noin 37 henkilövahinkoon ja kuolemaan johtaneiden suistumisonnettomuuksien henkilövahingoista arviolta noin 4 %:iin (= 37/1020) saattaisi teoreettisesti olla mahdollisuuksia vaikuttaa tärisevillä reuna- ja keskiviivoilla (kuva 4).

Jäljelle jääneissä 37 henkilövahingossa, joissa syynä oli nukahtaminen tai mielenkiinto pois ajotehtävästä, noin kolmasosassa oli alkoholi kuvassa mukana.

Jos edellyttäisiin kestopäällysteisen tien pientareen leveydeksi vähintään 60 cm (minimi taulukossa 6), muuttuisi tilanne siten, että voitaisiin vaikuttaa noin 52 henkilövahinkoon ja kuolemaan johtaneiden suistumisonnettomuuksien henkilövahingoista arviolta noin 5 %:iin (= 52/1020).



Kuva 5. Piennarleveys vuosina 1991–96 kestopäällystetyillä teillä tapahtuneiden kuolemaan johtaneiden kuivan, kostean ja märän kelin suistumisonnettomuuksien henkilövahingoissa (N = 564).

Esimerkilaskennan rajausta henkilövahinkoihin, joihin voitaisiin vaikuttaa on kuitenkin karkea ja eikä välttämättä edusta koko täristävien merkintöjen potentiaalia. Esimerkiksi rajautuminen onnettomuuksien syistä vain nukahtamistapauksiin ja mielenkiinnon olemiseen pois ajamisesta on melko suppea. Rajanveto on vaikeaa ja tässä on lähinnä tarkoituksena esittää laskelma, jossa on mahdollisimman todennäköinen vaikutettavien joukko. Lisäksi on syytä huomata, että tarkasteltavana on tutkijalautakunta-aineisto, jonka ulkopuolelle jää iso osa henkilövahinkoon johtaneista onnettomuuksista sekä kaikki pelkästään materiaali-vahinkoon johtaneet onnettomuudet.

Kaikkien henkilövahinko-onnettomuuksien aineistossa (taulukko 4) ei ole arviota onnettomuuksien taustasyistä. Jos kuitenkin laajennetaan tutkijalautakunta-aineistoa koskevaa laskelmaa ja oletetaan hyvin karkeasti, että vaikutuspotentiaali kaikkien henkilövahinkoon johtaneiden suistumisonnettomuuksien aineistossa olisi myös luokkaa 4 %. Tämä merkitsisi käytännössä palautetta antavien merkintöjen liikenneturvallisuuden vaikutuspotentiaaliksi arviolta noin 45 tieltä suistumisesta aiheutunutta henkilövahinko-onnettomuutta per vuosi (taulukko 4:  $4 \% \times (654+460)$ ).

### 3.1.2 Kohtaamisonnettomuudet

Tärinä ja äänipalautteen myönteisistä seurauksista keskiviivaratkaisuihin ei voida olla varmoja, mutta palautteen voidaan katsoa antavan mahdollisuuden ajoilinan korjaamiseen. Etenkin suorilla tieosuuksilla ajautuminen vastaantulevan kaistalle tapahtuu yleensä varsin pienessä kulmassa, jolloin kuljettajalla on mahdollisuuksia toimia ajoissa. Jos kuljettaja ei ole unessa vaan esimerkiksi keskittyy autossa muihin matkustajiin, voisi herätteenä toimia pienempikin ärsyke. Kohtaaminen saattaa tapahtua myös ajoneuvon leikatessa vastaantulevan



ajolinjaa kaarteessa. Sulkuviivan kohdalla täristävä viiva voisi toimia sulkuviivan vahvistajana ja olla myös vaikutukseltaan jopa vahvempi kuin suorilla, joilla ohittamisen mahdollistamiseksi pienempi ärsyke voisi olla toivottavampi.

Jos täristävää viivaa käytettäisiin keskiviivana kapealla ja mutkaisella tiellä lähinnä hereillä olevalle kuljettajalle, saattaisi tärinäviiva 'pakottaa' käyttämään alempia ajonopeuksia, sillä ajolinjojen leikkaaminen olisi epämiellyttävää ja toisaalta ajokaistan 'sisällä' ajaminen edellyttäisi alempia nopeuksia. Tämä saattaisi toimia tilanteissa, jolloin tie on tyhjä eikä vaaraa muilta osin koeta. Tärinäviivojen merkitys olisi siten lähinnä onnettomuuksia (myös muita kuin suistumisonnettomuuksia) ehkäisevä. Tämä on kuitenkin spekulointia, jonka tueksi ei ole tähän mennessä tutkimustietoa.

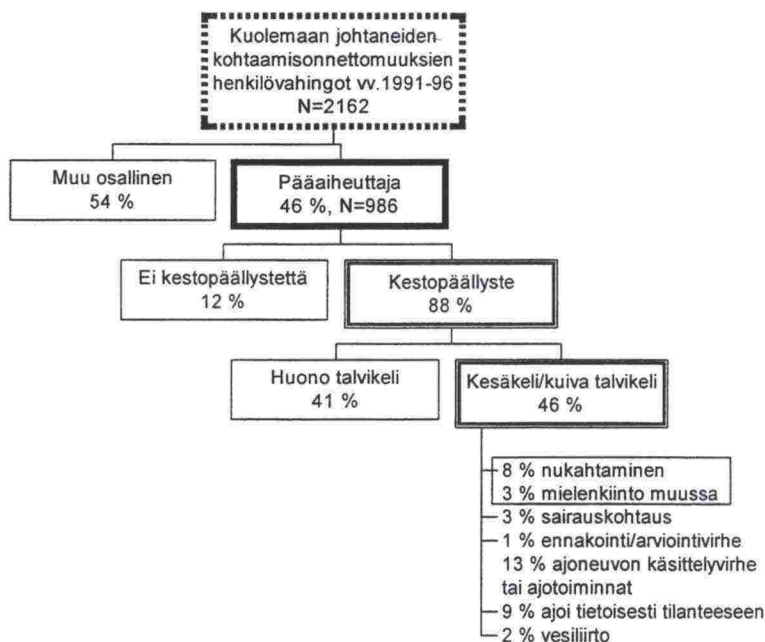
Keskikaistan täristävän viivan käyttöä on reunaviivojen käyttöä hankalampi perustella, sillä täristävä keskiviiva voidaan kokea myös liian suurena häiriötekijänä esimerkiksi ohittamisen yhteydessä.

### 3.1.2.1 Esimerkkilaskenta vaikutuspotentialista

Rajataan tapahtuneiden kuolemaan johtaneiden kohtaamisonnettomuuksien henkilövahinkojen perusteella se henkilövahinkojen joukko, johon palautetta antavat, lähinnä keskiviivamerkinnot, voisivat vaikuttaa. Oletetaan laskennan yksinkertaistamiseksi, että palautetta antavilla merkinnoilla on vaikutusta vain kun niiden yli ajetaan eli silloin kun ne "herättävät" kuljettajan.

Vuosina 1991–1996 kuolemaan johtaneista kohtaamisonnettomuuksista seurasi kaikkiaan 2162 henkilövahinkoa (s. 22, taulukko 2). Jotta voidaan arvioida onnettomuuksiin johtaneiden syiden osuuksia keskitytään vain pääaiheuttajaosallisten tietoihin. Näiden osuus tarkastelujakson kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien henkilövahingoista oli 986 eli 46 % koko aineistosta (kuva 6). Kestopäälystettyjen teiden osuudeksi pääaiheuttajaosallisten henkilövahingoista jäi 88 % (N= 868).

Jos arvioidaan edelleen, että vain kuivalla, kostealla ja märällä kelillä täristävillä merkinnoilla voidaan olettaa olevan vaikutusta, jää aineistoon jäljelle 46 % (N= 452) henkilövahingoista (kuva 6). Vaikka kohtaamisonnettomuuksien syynä oli suistumisonnettomuuksia useammin huono keli, vielä noin puolet kohtaamisonnettomuuksista tapahtuu hyvällä kelillä.



Kuva 6. Palautetta antavien merkintöjen mahdollinen vaikutuspotentiaali kuolemaan johtaneissa kohtaamisonnettomuuksissa.

Jäljelle jääneistä 452 henkilövahingosta 106:ssa, eli noin neljäsosassa, oli syynä nukahtaminen tai mielenkiinto muussa toiminnassa kuin ajamisessa. Tämän mukaan kuolemaan johtaneiden kohtaamisonnettomuuksien henkilövahingoista arviolta noin 11 %:iin ( $=106/986$ ) saattaisi teoreettisesti olla mahdollisuuksia vaikuttaa täristävillä keskiviivamerkinnoilla (kuva 6).

Jäljelle jääneissä 106 henkilövahingossa, joissa syynä oli nukahtaminen tai mielenkiinto pois ajotehtävästä, vain 5 %:ssa oli alkoholi kuvassa mukana.

Edellä esitetty rajausta henkilövahinkoihin, joihin voitaisiin vaikuttaa on karkea eikä välttämättä edusta koko täristävien merkintöjen potentiaalia. Tarkastelussa ei ole myöskään asetettu vaatimuksia esimerkiksi tien leveydelle.

Kaikkien henkilövahinko-onnettomuuksien aineistossa (taulukko 4) ei ole arviota onnettomuuksien taustasyistä. Jos kuitenkin laajennetaan tutkijalautakunta-aineistoa koskevaa laskelmaa ja oletetaan karkeasti, että vaikutuspotentiaali kaikkien henkilövahinkoon johtaneiden kohtaamisonnettomuuksien aineistossa olisi myös noin 11 %. Tämä merkitsisi käytännössä palautetta antavien merkintöjen liikenneturvallisuuden vaikutuspotentiaaliksi arviolta hieman vajaa 50 kohtaamisesta aiheutunutta henkilövahinko-onnettomuutta per vuosi (taulukko 4:  $11 \% \times (274+131+34+7)$ ).

### 3.2 Täryviivojen turvallisuusvaikutuksia koskevat tutkimukset

Täristävien viivojen vaikutusta turvallisuuteen on toistaiseksi tutkittu hyvin vähän. Koeosuudet ovat olleet pieniä ja onnettomuusmäärät vähäisiä, joten turvallisuustilanteen muutoksesta ei ole voitu sanoa juurikaan mitään. Tutkimustulokset tältä osin koskettavatkin pääasiassa täristävien merkintöjen vaikutusta kuljettajien käyttäytymiseen, mitä on tutkittu tarkastelemalla ajoneuvojen nopeuksia



sekä muutoksia ajoneuvojen sivuttaisasemassa ennen ja jälkeen täristävien viivojen asentamisen.

### 3.2.1 Vaikutukset ajoneuvojen sivuttaisasemaan ja ajonopeuteen

Hollannissa on simulaattorin avulla tutkittu (Horst & Hoekstra 1994) kaistaleveyden ja palautetta antavien tiemerkinnotien vaikutuksia koehenkilöiden ajonopeuksiin. Simuloidulla koereitillä käytettiin kahta kaistaleveyttä (2,75 m ja 2,25 m) ja kolmea palautetta antavaa tiemerkinnotia: jatkuvaa profiloitua reunamerkinnotia (2,75 m levyisellä kaistalla 20 cm levyisenä ja 2,25 m levyisellä kaistalla 70 cm levyisenä), poikittaista tärinärataa 5 metrin välein sekä poikittaista tärinärataa 10 metrin välein. Koehenkilöt jaettiin kahteen joukkoon, joista toista ryhmää kehoitettiin ajamaan rennosti ja toisen ryhmän ajoa painostettiin aikatavoittein. Tulokseksi saatiin, että eniten nopeuksia alensi 2,25 m levyiselle kaistalle asennettu 70 cm leveä täristävä reunaviiva. Kyseinen merkinnot alensi etenkin kiihteisten kuljettajien ajonopeuksia.

Hollannissa on tutkittu myös todellisissa olosuhteissa täristävien reunamerkinnotien vaikutuksia kuljettajien käyttäytymiseen. Ennen-jälkeen tutkimuksessa (Van der Horst, De Vos & Folles 1997) tarkasteltiin kahta moottoritieosuutta sekä määrällä että kuivalla kelillä päivä- ja yöaikaan. Liikennevirtaa tarkasteltiin videokameralla sekä tavallisten tiemerkinnotien (ennen-vaihe) että uusien täristävien tiemerkinnotien aikana (jälkeen-vaihe). Vapaiden henkilöautojen keskinopeudet kasvoivat kuivalla kelillä 1–2 km/h ja määrällä 4–5 km/h (taulukko 7). Kuorma-autoilla muutokset olivat pienempiä. Yö- ja päiväolosuhteissa muutokset olivat likipitään samanlaiset.

*Taulukko 7. Vapaiden ajoneuvojen keskinopeudet eri olosuhteissa tutkituilla tieosuuksilla (A50 ja A28). Jokaisen keskiarvon otos oli 100 ajoneuvoa (KA = kuorma-autot, HA = henkilöautot, E = ennen, J = jälkeen, M = muutos). (Van der Horst, De Vos & Folles 1997)*

		Keskinopeus (km/h) <b>kuivalla</b> kelillä						Keskinopeus (km/h) <b>määrällä</b> kelillä		
		A50			A28			A28		
		E	J	M	E	J	M	E	J	M
KA	Päivä	87,8	86,4	–1,4	86,9	87,6	+0,7	86,3	87,2	+0,9
	Yö	81,3	79,6	–1,7	81,8	82,3	+0,5	82,2	81,8	–0,4
HA	Päivä	116,6	118,6	+2,0	115,7	116,7	+1,0	109,6	113,7	+4,1
	Yö	111,6	113,6	+2,0	112,0	114,4	+2,4	101,0	105,7	+4,7

Hollantilaisessa tutkimuksessa tutkittiin myös reunaviivan ylittäjien osuutta kaikista ajoneuvoista (taulukko 8). Mittausten otokset olivat kuitenkin pienet ja tulosten perusteella ei voida tehdä pitkälle meneviä johtopäätöksiä. Tutkimuksessa todettiin lisäksi, että reunaviivan päällä ajettiin yhtä paljon ennen-jälkeen-jaksoilla.



Taulukko 8. Vapaiden ajoneuvojen reunaviivan ylittäjien osuus (%) kaikista tarkastelluista ajoneuvoista eri olosuhteissa tutkituilla tieosuuksilla (A50 ja A28). Jokaisen mittauksen otos oli 100 ajoneuvoa (KA = kuorma-autot, HA = henkilöautot, E = ennen, J = jälkeen, M = muutos). (Van der Horst, De Vos & Folles 1997)

		Reunaviivan ylittäjien osuus (%) <b>kuivalla</b> kelillä						Reunaviivan ylittäjien osuus (%) <b>märällä</b> kelillä		
		A50			A28			A28		
		E	J	M	E	J	M	E	J	M
KA	Päivä	14,1	17,4	+3,3	7,2	9,1	+1,9	6,0	5,9	-0,1
	Yö	7,9	6,9	-1,0	9,6	7,9	-1,7	7,3	4,1	-3,2
HA	Päivä	1,3	1,9	+0,6	0,4	0,1	-0,3	0,1	0,3	+0,2
	Yö	0,2	0,3	+0,1	0,2	0,2	0	0,4	0,1	-0,3

Yhdysvalloissa kaarteiden täristäviä reunaviivoja koskevassa kokeilussa (Krammes & Tyer 1991) havaittiin keskinopeuksien nousevan 2–5 km/h kaarteiden keskikohdassa tärinäviivojen asennuksen jälkeen. Ajonopeuksia nostava vaikutus hävisi noin vuoden kuluttua, minkä todettiin johtuvan viivan heijastuvuusominaisuuksien huononemisesta. Usein esitetäänkin epäilyksiä, että "liian hyvät" tiemerkinnot saattavat nostaa ajonopeuksia niin paljon, että turvallisuusvaikutus ulosmitataan.

Aiheeseen on liitettävissä tutkimus tielinjan kulun hahmottamisen ja ajosuorituksen ennakoimisen parantamiseen liittyvästä reunapaalukokeilun vaikutuksista (Kallberg 1991). Tutkimuksen tuloksena saatiin, että reunapaalujen asentamisen jälkeen ajonopeudet nousivat 80 km/h teillä, mutta eivät muuttuneet merkittävästi 100 km/h teillä. Ajolinjat siirtyivät kesällä 10–40 cm tien reunaan päin niin, että siirtymä oli suurempi 100 km/h kuin 80 km/h teillä. Onnettomuustarkastelun mukaan reunapaalut huononsivat turvallisuutta tyypillisillä 80 km/h teillä, erityisesti pimeänä aikana. Geometrialtaan korkeatasoisemmilla 100 km/h teillä reunapaaluilla ei ollut samanlaisia haittavaikutuksia. Näillä teillä onnettomuudet näyttivät hieman vähentyneen, vaikkakin pimeän ajan henkilövahinkoonnettomuudet lisääntyivätkin. Kokonaisuutena tulokseksi saatiin, että reunapaalut heikensivät turvallisuutta pimeällä hyvällä säällä.

Louzenheiserin (1996) mukaan pimeään aikaan ajoneuvojen sivuttaisasema eli ajoneuvojen sijainti tien poikkileikkauksessa on yleensä päiväajoon verrattuna lähempänä keskiviivaa. Samassa tutkimuksessa ajoratamerkintöjen parantamisen jälkeen havaittiin kuljettajien muuttavan ajolinjoja siten, että yöllä ajettiin lähempänä reunaviivaa.

Zadorin ym. (1987) mukaan ajolinjat siirtyvät kaarteissa lähemmäs keskiviivaa reunapaalujen (*engl. post-mounted delineator*) vaikutuksesta, mutta täristävän viivan ja tiehen maalattujen nuolikuvioiden vaikutuksesta puolestaan kauemmas keskiviivasta. Keskinopeuden ja sivuttaisaseman hajonnat pienenevät jonkin verran täristävien viivojen asentamisen jälkeen.

Stimpson ym. (1977) havaitsi onnettomuusasteen kaarteissa ja kaarretta lähesyttäessä korreloivan ajoneuvojen sivuttaisaseman hajonnan ja ajoneuvon ns. keskeisyys-indeksin (sivuttaisaseman poikkeama ajokaistan keskikohdasta) kanssa. Myös Taylor ym. (1972) totesivat, että ajoneuvojen sivuttaisaseman hajonta kaarteissa ja onnettomuusaste korreloivat melko vahvasti. Taylor onkin esittänyt, että onnettomuuksien torjumiseksi ajoneuvojen sivuttaisaseman hajontaa tulisi pienentää.

Australialaisessa tutkimuksessa (Johnston 1984) on mitattu kuljettajien valitsemia ajolinjoja kaarteissa. Tutkimusaineiston muodostivat selvät ja alkoholia nauttineet kuljettajat. Tutkimuksen keskeinen tulos oli, että turvallisim (ja paras) ajotapa ei välttämättä liity siihen, miten hyvin ajoneuvo kulkee ajokaistan keskellä tai sisällä. Selvien kuljettajien havaittiin pyrkivän luonnostaan leikkaamaan ajolinjoja erityisesti pienisäteisissä kaarteissa (eli valitsevat ajolinjaksi todellista suurisäteisemmän kaartein), minkä esitettiin olevan pikemminkin merkki siitä, että kuljettaja on mukautunut ajamiseen. Alkoholia nauttineilla kuljettajilla sivuttaisasema kaartein keskikohdassa sai ääriarvoja, minkä todettiin ennakoivan suuremmalla todennäköisyydellä tieltä suistumista.

### 3.2.2 Vaikutukset onnettomuuksiin

Onnettomuustilastoon perustuvia tutkimuksia ei ole juurikaan tehty. Lähes ainoat onnettomuuksia koskevat ennen-jälkeen-tutkimukset on tehty Yhdysvalloissa, mm. Utahissa (Cheng, Gonzales, Christensen, 1994). Utahin tutkimuksessa tärinäviivoin merkittyjä tieosuuksia oli yhteensä noin 300 km, kun vertailuteitä oli noin 180 km. Onnettomuusaste ja -tiheys vertailun mukaan tärinäviivoitetuilla teillä oli parempi liikenneturvallisuus (taulukko 9). Tulosten merkitsevyyttä ei kuitenkaan testattu. Ei ole myöskään tietoa, kuinka paljon turvallisuustason erot johtuvat koe- ja vertailuteiden muiden ominaisuuksien eroista. Tutkimuksessa jatkuva tärinäviiva osoittautui paremmaksi ratkaisuksi kuin epäjatkuva (täristävä viivoitus 15 m välein). Tutkimuksen perusteella suositeltiin mahdollisimman leveän täristävän viivan käyttöä.

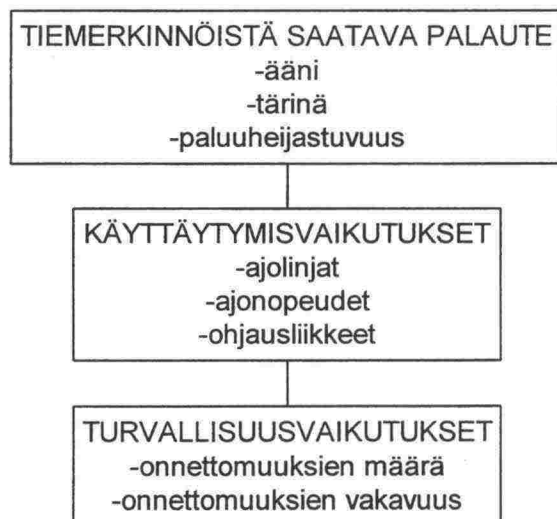
*Taulukko 9. Erityyppisten onnettomuuksien riskit ja vakavien onnettomuuksien (pysyvään vammautumiseen ja kuolemaan johtaneet) tiheydet tärinäviivoitetuilla tieosuuksilla ja vertailuosuuksilla. Tutkitut onnettomuudet ovat vuosilta 1990–1992.*

Riski/vakavuusmitta	Tärinäviivoitetut tieosuudet	Vertailuosuudet, joilla tavalliset merkinnät
Kaikkien onnettomuuksien riski (kaikki onn. lkm/milj.ajon.maili)	0,71	0,95
Tieltä suistumisen riski (suist.onn. lkm/milj.ajon.maili)	0,39	0,50
Kaikkien vakavien onnettomuuksien lkm/ maili	1,58	2,01
Tieltä suistumisesta aiheutuneiden vakavien onnettomuuksien lkm/ maili	1,26	1,37



### 3.2.3 Yhteenveto

Profiloidut reuna- ja keskiviivat synnyttävät tärinää ja melua sekä parantavat tien optista ohjausta (kuva 7). Nämä tekijät vaikuttavat kuljettajien käyttäytymiseen tietyllä tavalla, millä on puolestaan vaikutuksia liikenneturvallisuuteen.



Kuva 7. Palautetta antavien tiemerkintöjen vaikutus liikenneturvallisuuteen.

Suurin osa tärinäviivoja koskevista tutkimuksista on keskittynyt ensimmäisen tason eli merkinnöistä saatavan välittömän palautteen tutkimiseen.

Tiemerkintöjen näkyvyyden (paluuheijastuvuus) vaikutuksesta ajokäyttäytymiseen ja onnettomuuksiin ei ole yksiselitteistä tutkimustietoa. Jonkin verran on näyttöä siitä, että huonot merkinnät ja korkea onnettomuusriski ja toisaalta, 'liian hyvät' merkinnät ja kohonnut onnettomuusriski mahdollisesti liittyvät toisiinsa.

Melko vähän on tutkimustietoa siitä, miten ajolinjat ja ajonopeudet muuttuvat täristävien merkintöjen vaikutuksesta. Esimerkiksi hollantilaisen tutkimuksen mukaan keskinopeudet kasvoivat märällä kelillä noin 4–5 km/h ja kuivalla noin 1–2 km/h. Otos (N = 100) oli kuitenkin varsin pieni.

Ajolinjojen siirtymisellä tien poikkileikkauksessa voi olettaa olevan vaikutusta onnettomuuksiin. Ajolinjojen siirtymisen ja turvallisuuden välinen (mahdollisesti monimutkainenkin) yhteys on kuitenkin selkeästi osoittamatta ja perustuu yleensä spekulatioihin. Ajettaessa lähempänä tien reunaa suistumisen riski mahdollisesti kasvaa, mutta toisaalta ajolinjojen siirtyminen kauemmas vastaantulevista saattaa antaa lisää toiminta-aikaa kohtaamisonnettomuuden välttämiseksi.

Suomalaisessa reunapaalututkimuksessa (Kallberg 1991) todettiin, että yksittäisonnettomuudet näyttivät lisääntyneen eniten teillä, joilla ajolinjat siirtyivät eniten tien reunaa kohti. Tutkimustuloksia ajolinjojen siirtymisen vaikutuksesta onnettomuuksiin on kuitenkin vähän ja tulokset eivät ole tilastollisesti merkitseviä.

Palautteen vaikutusta kuljettajien ohjausliikkeisiin ei ole tutkittu. Erityisen kiinnostavaa olisi tutkia kuljettajia, joiden tarkkaavaisuus on huomattavasti alentu-

nut, esim. kuljettaja on nukahtamaisillaan tai vahvasti alkoholin vaikutuksen alaisena ratissa.

Palautetta antavien tiemerkinnotöjen vaikutusta onnettomuuksiin on tutkittu hyvin vähän. Yhdysvalloissa (Utah) on verrattu onnettomuuksia teillä, joilla on täristävät reunaviivat teihin, joilla on tavalliset merkinnot. Onnettomuusasteen ja onnettomuustiheyden mukaan tärinäviivoitetuilla teillä oli parempi liikenneturvallisuus. Tutkimusmenetelmä oli kuitenkin puutteellinen ja asettaa tulokseen useita epävarmuuksia.

Toisessa Pennsylvaniassa tehdyssä tutkimuksessa (lehtiartikkeli) todettiin suistumisonnettomuuksien vähentyneen jopa 60 % täryviivojen ansiosta. On kuitenkin todennäköistä, että täristäviin viivoihin liittyy suuria odotuksia ja kriittisyys tulosten tulkinnassa ei ole ollut riittävää.

## 4 PÄÄTELMÄT

Tutkimustietoa täristävistä reuna- ja keskiviivaratkaisista on hyvin vähän. Seuraavassa esitetään tässä selvityksessä läpikäytyjen tutkimusten pohjalta varo-  
vaisia hypoteeseja täristävien reuna- ja keskiviivojen mahdollisista vaikutuksista:

*Täristävien reunaviivojen vaikutuksesta ajolinjat siirtyvät sekä suorilla että kaarteissa lähemmäs reunaviivaa etenkin pimeään aikaan.*

*Täristävien reunaviivojen vaikutuksesta ajoneuvojen sivuttaisaseman hajonta pienenee kaarteissa.*

*Ajonopeudet nousevat sekä suorilla että kaarteissa täristävien reunaviivojen vaikutuksesta.*

*Ajoneuvojen sivuttaisaseman hajonnan suurentuessa onnettomuusaste kasvaa.*

Ajoneuvon "turvalliselle" sijainnille kaarteissa on erilaisia määritelmiä. Erään tutkimuksen mukaan ajolinjan tulisi olla kaarteissa mahdollisimman keskellä ajokaistaa. Toisen tutkimuksen mukaan ajoneuvojen sivuttaisaseman hajonnan tulisi olla mahdollisimman pieni tai jopa niin, että kaarteiden oikaisu olisi merkki tarkkaavaisesta ja turvallisesta ajotavasta.

Täristävien merkintöjen tarkoituksenmukaisen soveltamisen kannalta olisi hyvä tuntea vaikutusmekanismi, joka niiden taustalla on. Vaikutus muodostuu mahdollisesti ainakin kolmesta tekijästä:

- ajoradalta harhautuvien kuljettajien "herättäminen",
- merkintöjen näkyvyyden paranemisen vaikutukset,
- vaikutus ajotapaan; esim. vältetään täristävien merkintöjen päällä ajamista.

Viimeisen kohdan tapauksessa voidaan puhua täristävien merkintöjen informaatiovaikutuksesta.

Suomessa tehdyn reunapaalututkimuksen (Kallberg 1991) perusteella voidaan varovasti päätellä, että tien optista ohjausta parantavat toimenpiteet vaikuttavat eri tavalla eri onnettomuustyyppisiin. On todennäköistä, että tavallista merkin-  
tää paremmin heijastavan täryviivan käyttö reunaviivana vähentää yksittäison-  
nettomuuksia ja huonon kelin onnettomuuksia. Toisaalta muut onnettomuustyy-  
pit saattavat lisääntyä, jos ajonopeudet nousevat. Reunapaalujen turvallisuus-  
vaikutukset olivat parhaat leveillä, vilkasliikenteisillä ja tasaisilla teillä, joilla no-  
peuksia nostavaa vaikutusta ei havaittu.

Täristävien taloudellinen kannattavuus riippuu ennen kaikkea niiden turvalli-  
susvaikutuksista, mutta myös siitä, että merkintöjen käyttöikä pitenee ja mah-  
dollisen ajolinjojen muutoksen seurauksena tien rakenteita voidaan säästää  
(esim. ei ajeta pientareella). Onnettomuusvaikutusten lisäksi useat muut tekijät,  
kuten muun muassa liikennemäärä, nopeusrajoitus, tien leveys, sivuluiskien



kaltevuudet, tieympäristö ja tärinäviivojen tekemisen kustannukset vaikuttavat tärinäviivojen käytön kannattavuuteen. Jos nukahtaminen ja tarkkaavaisuuden puute eivät jollakin tieverkon osalla ole suuria ongelmia, saattavat toiset toimenpiteet, esim. törmäyskohteiden poistaminen, olla tehokkaampia. On syytä kuitenkin todeta, että useimpien onnettomuuksien taustalla on löydettävissä jonkinasteista "tarkkaavaisuuden puutetta".

Huolimatta siitä, että nukahtamistapausten määräksi on Yhdysvalloissa arvioitu noin 5 % onnettomuuksista, on siellä laskettu tärinäviivojen olevan kustannustehokas investointi jo pienillä liikennemäärillä (esim. interstate-osuudet KVL  $\geq 750$ ).

Käytettävissä olevan aineiston valossa näyttää siltä, että suosituksille reunaviivojen käytöstä tuskin löytyy riittävän selkeitä positiivisia käyttäytymis- tai turvallisuusvaikutuksia osoittavia empiirisiä tutkimustuloksia. Toisaalta päinvastaistaakaan ei ole osoitettu. Tämä kuvastaa yleisemminkin sitä, että merkintöjen vaikutus käyttäytymiseen ja etenkin turvallisuuteen on heikolla pohjalla.

## 5 KIRJALLISUUTTA

Allott & Lomax (Consulting Engineers). 1993a. Raised rib markings, Safety implications. Volume 1. The Department of Transport. June 1993. 117 s.

Allott & Lomax (Consulting Engineers). 1993b. Raised rib markings, Safety implications. Volume 3: Drainage implications. The Department of Transport. June 1993. 23 s.

Cheng, E., Gonzalez, E. & Christensen, M. 1994. Application and evaluation of rumble strips on highways. ITE 1994 Compendium of Technical Papers, s. 499–503.

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat. 1996. Eindrapportage projectgroep Ge-profileerde Wegmarkeringen. 15 oktober 1996. 39 s.

Ehrola, E. 1981. Henkilöautojen tieltäsuistuminen ja tieolosuhteet. Tutkimus Suomessa 1971–75 tapahtuneista suistumisonnettomuuksista. Oulun yliopisto. 144 s.

Graham, J. & Harrold, J. & King, L. 1996. Pavement markings retroreflectivity, retroreflectivity for older drivers. Transportation Research Board, Preprint, Paper No. 960273. 16 s.

Griffin, L. & Reinhardt, R. 1995. A review of two innovative pavement marking patterns that have been developed to reduce traffic speeds and crashes. Texas Transportation Institute. AAA Foundation for Traffic Safety. Raportti internetistä.

Gudum, J., Neumann, P., Olsen, O. & Kindt, L. 1994. Forsøg med færdselssøm og profilerede striber som vejmidteafmærkning. Vejstribers retrorefleksion i vinterperioden. Vejdirektoratet, Vejafdelingen.

Gupta, J. 1991. Effect of rumble strips noise on user and environment. Inter-Noise 91. S. 811–814.

Gårder, P. & Alexander, J. 1995. Continued research on continuous rumble strips. Final Report. Technical Report 94-4, December 1995. Department of Civil & Environmental Engineering, University of Maine.

Hautala, P. 1996. Yksittäiset kuolemaan johtaneet suistumisonnettomuudet Suomessa vuosina 1991–94. Liikennevakuutuskeskus. 71 s.

Hogema, J. & Van der Horst, R. 1994. Driving behaviour under adverse visibility conditions. Proceedings of the First World Congress on Applications of Transport Telematics and Intelligent Vehicle Highways Systems. Vol. 4, s. 1623–1630.

Huttula, J. & Ernvall, T. 1996. Liikenneympäristön, auton ja kuljettajan ominaisuuksien yhteyksiä kohtaamisonnettomuuteen johtaneeseen ajohallinnan menetykseen. Oulun yliopiston tie- ja liikennetekniikan laboratorion julkaisuja 37. 63 s.



Johnston, I. 1984. The effects of roadway delineation on curve negotiation by both sober and drinking drivers. Australian Road Research Board, Research Report ARR No. 128, 39 s. ISSN 0518-0728.

Kallberg, V-P. 1991. Reunapaalujen vaikutus ajokäyttäytymiseen ja liikenneonnettomuuksiin. Tielaitoksen selvityksiä 5/1991. Helsinki 1991. 30 s.

Karttunen, R. 1995. Kohtaamisonnettomuuksien tutkimus. Tutkijalautakuntien vv. 1991–93 kokoamaan kuolonkolariaineistoon perustuva selvitys. Liikennevaikutuskeskus/VALT. Tammikuu 1995. 32 s.

Krammes, R. & Tyer, K. 1991. Post-mounted delineators and raised pavement markers: their effect on vehicle operations at horizontal curves on two-lane rural highways. Transportation Research Record No. 1324, s. 59–71.

Liikenneturvallisuusasiain neuvottelukunta. 1996. Liikenneturvallisuussuunnitelma 1997–2000. Liikenneturvallisuusasiain neuvottelukunnan suositus. Liikenneministeriö julkaisuja 33/96. 32 s.

Loutzenheiser, R. 1996. Wide pavement markings on rural, two-lane roads - an aid to older drivers? Transportation Research Board, Preprint, Paper No. 960341. 16 s.

Lundqvist, S-O. 1993. Prov med olika typ av kamflex. Väg- och transportforskningsinstitutet. Trafikteknik. 1993-11-19. 14 s.

Lundqvist, S-O. 1996. Prov med kamflex på rv 44. Väg- och transportforskningsinstitutet. Trafikteknik. 1996-04-15. 8 s.

Mullowney, W. Effect of raised pavement markers on traffic performance. Transportation Research Record 881. S. 20–29.

Nicholson, M. 1993. Assessing the performance of road markings to aid safety. Highways and Transportation, October 1993, s. 18–21.

Noordzij, P. & Van der Horst, R. 1993. Relationship between accidents and road user behaviour: an integral research programme. Proceedings of the First World Congress on Safety of Transportation, 1993, s. 527–534.

Peltola, H. 1995. Liikenneturvallisuus yleisillä teillä v. 1989–93. Tielaitoksen selvityksiä 51/1995. 54 s.

Plant, J. 1995. Raised-rib road-markings: research into the safety implications. Traffic Engineering and Control 1995/05, s. 277–81.

Ranskalainen esitys, kalvot. Mechanical and noise effects due to road markings.

Räsänen, M. 1997. Moottoriajoneuvojen risteämis- ja suistumisonnettomuudet. Kehitys 1990-luvun alussa sekä osallisten, onnettomuustyyppin ja -paikan yhteyksiä. Liikenneturvan tutkimuksia 115/1997. 41 s.

Stimpson, W. & McGee, H. & Kittelson, W. & Ruddy, R. 1977. Field evaluation of selected delineation treatments on two-lane rural highways. Report FHWA-RD-77-118. FHWA, U. S. Department of Transportation, 1977.

Steyvers, F., Van der Horst, R. & Staas, A. 1994. Snelheidsbeperkende maatregelen op 80-km wegen in Drenthe succesvol. *Erkeerskunde*, nr. 3, 1994. S. 16–20.

Summala, H. 1981. Latencies in vehicle steering: experimental studies on drivers behavior on the road. *General Psychology Monographs* No B2.

Taylor, J. & McGee, H. & Sequin, E. & Hostetter, R. 1972. NCHRP Report 130: Roadway Delineation Systems. HRB, National Research Council, Washington, D. C., 1972.

Tomi, H. 1995. Muotoillun reunaviivan, kamflex, aiheuttama melu. Tielaitos, Tuotannon palvelukeskus. Mittausraportti. 5.10.1995. 4 s.

Transportation Research Record 1114, TRB, National Research Council, Washington, D. C. S. 1–10.

Unhola, T. 1997a. Timo Unholan (VTT Yhdyskuntatekniikka) piirtämät täristäviä merkintöjä koskevat kuvat.

Unhola, T. 1997b. Keskustelu Timo Unholan (VTT Yhdyskuntatekniikka) kanssa kesäkuussa 1997.

Unhola, T. 1997c. Tulos elokuussa 1997 Turusta Tornioon tehdyistä Ecodyn-mittauksista. VTT Yhdyskuntatekniikka.

Van der Horst, R. & Hoekstra, W. 1994. Testing speed reduction designs for 80 kilometer per hour roads with simulator. *Transportation Research Record* 1464. S. 63–68.

Van der Horst, R. & Hogema, J. 1994. Time-to-collision and collision avoidance systems. *Proceedings 6th ICTCT Workshop Safety evaluation of traffic systems: Traffic conflicts and other measures*, October 27–29, 1993, Salzburg, s. 109–121.

Van der Horst, R., De Vos, A. & Folles, E. 1997. Lane-keeping behaviour at profiled road markings on motorways: a before-and-after study. Paper to be presented at the 20th International ICTCT Conference, November 5–7, 1997, Lund. 10 s. (ei vielä julkaistu)

Winsum, W. & Godthelp, H. 1996. Speed choice and steering behavior in curve driving. *Human Factors*, 1996, 38(3), S. 443–441.

World Highways. 1997. Marking the cost. *World Highways*, April 1997, s. 33–37.

Yan-Chin Cheng, E., Gonzales, E., Christensen, P. 1994. Application and evaluation of Rumble Strips on Highways. *ITE 1994 Compendium of Technical papers*, S. 499–503.

Zador, P. & Stein, H. & Wright, P. & Hall, J. 1987. Effects of chevrons, post-mounted delineators and raised pavement markers on driver behavior at roadway curves.



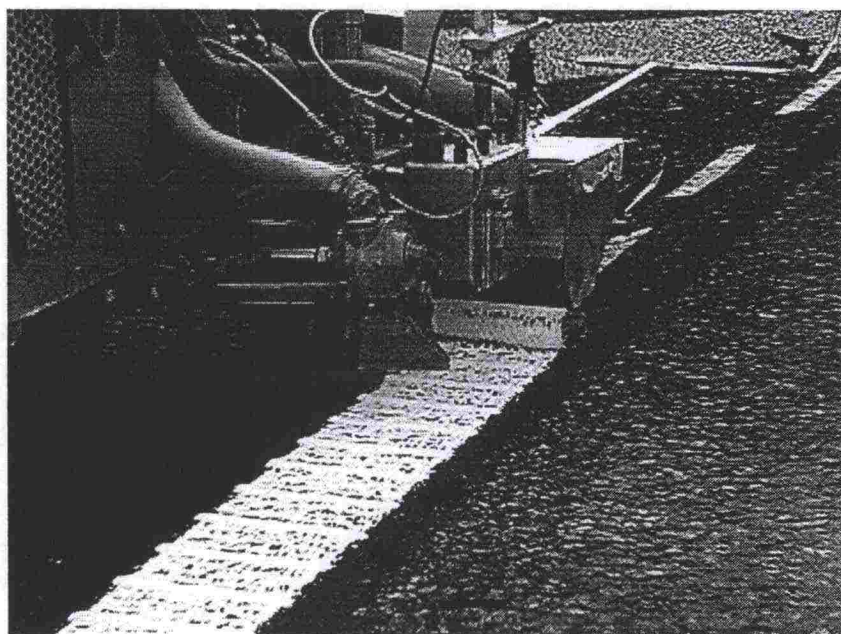
## TÄRYVIIVAT; ALUSTAVA ESIKOE 1997

Suunnitelmasta tinkien tyydyttiin tekemään kolmen profiloidun merkinnän minikoe Turun piirissä syyskuussa 1997. Vt9:lle Kyrössä tehtiin seuraavat koemerkinnot:

Viivatyyppi	Merkintä + väli, cm	Leveys, cm	Pituus, m
Longflex	10+10	20	60
Kamflex	10+10	20+10	60
Jaksotus	90+10	20	120
Longflex	10+10	20	100

Edellisten lisäksi mittauksia tehtiin kahdesta muustakin tarkoitukseen suunnitellusta koeluontoisesta merkinnästä:

1. Sveitsiläisen levittäjän Vt9:lle kesäkuun alussa kaksikomponenttimassalla tekemästä, erikoismenetelmällä pinnaltaan epäsäännölliseksi levitetystä viivasta, johon oli parinsadan metrin matkalle lisäksi tehty "ääniripoja" noin kymmenen sentin välein (Kuva 8).



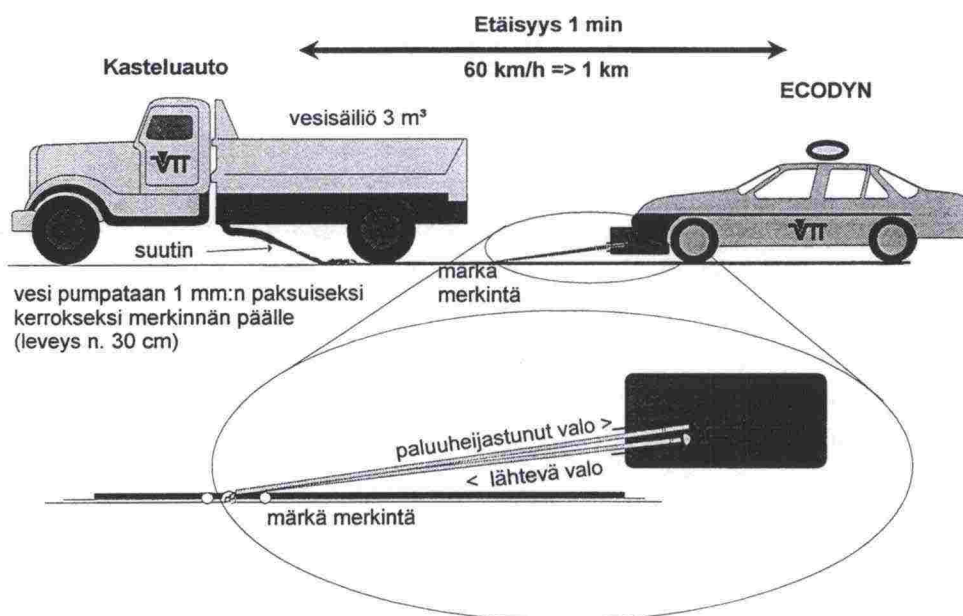
Kuva 8. Röpelöpintainen merkintä, joka on varustettu täristävillä rivoilla.

2. Vesiohenteinen massa. Teknos-Winterin uutuustuote Vt10:llä (Tarvasjoki), tasomerkintä (ei profiilia, mutta epätasainen pinta), joka näyttäisi myös toimivan hyvin märällä (silmämääräinen arvio, mittaus liian myöhään nastakauden jo alettua)

## Paluuheijastuvuus

### Märkä paluuheijastuvuus; mittausmenetelmä

VTT Yhdyskuntatekniikan vuodesta 1996 käyttämä menetelmä, jossa Ecodyn-paluuheijastuvuusmittausauton edellä ajava kasteluauto ruiskuttaa millin paksuisen vesikerroksen reunaviivan päälle minuuttia ennen mittausta (Kuva 9). Kuorma-autossa on tähtäysapuneuvot vesisuihkun kohdistamiseksi viivalle. Vesi tankissa riittää 12 km:n mittaukseen. Ajonopeus on vapaasti valittavissa, kokeissa on käytetty 60 km/h.



Kuva 9. Märän paluuheijastuvuuden mittausmenetelmä.

### Tulokset

**Vt 10 koealue:** Viivat mitattiin Ecodynillä 8.10.1997 sekä kuivana että märkänä (Kuva 10). Molemmiin puolin koemerkintöjä oli samalla vahvuudella tehtyä normaalia massamerkintää, jota käytettiin vertailuna. Paluuheijastuvuus kuivanakin oli huono, märkänä melko olematon, profiileista vain hieman hyötyä, jaksotuksesta ei mitään.

**Röpelöpintainen merkintä:** Tähän mennessä parhaat märkäarvot (33 % kuivasta!) ja kuivatkin erinomaiset (477), vaikka merkintä oli jo 4 kk vanha (Kuva 11).

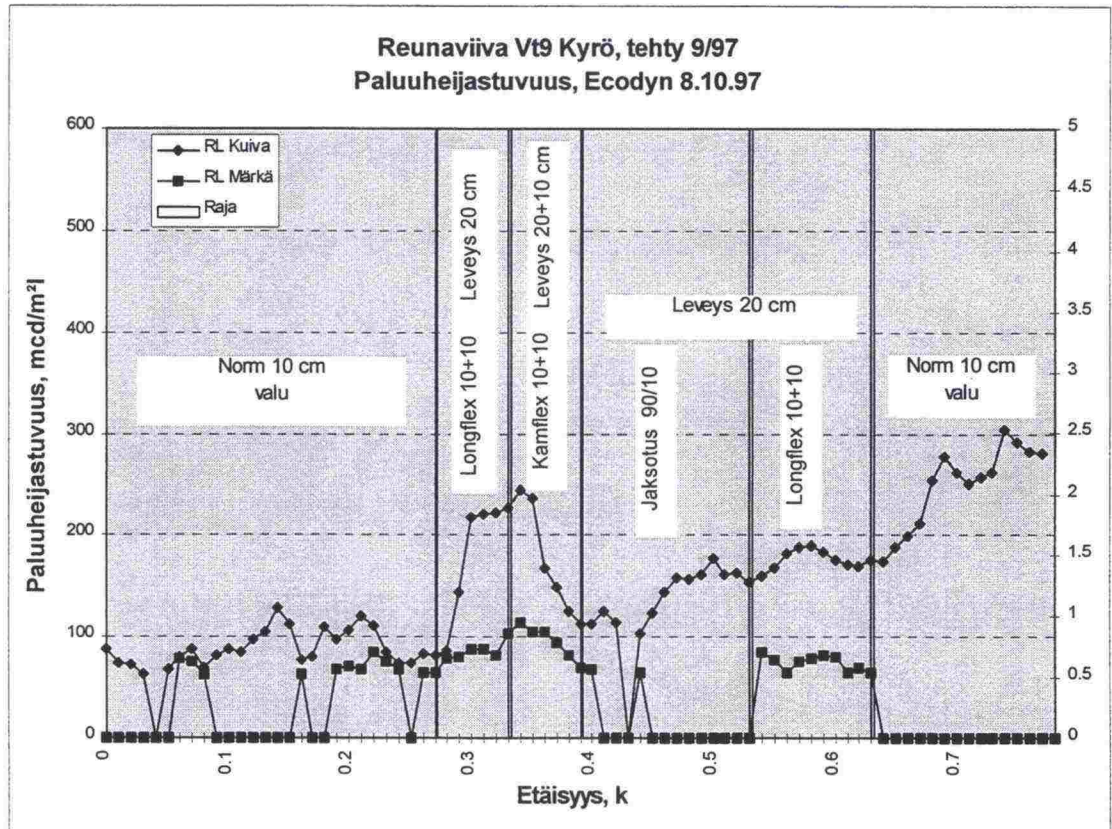
**Vesiohenteinen massa:** Lian peittämästä viivasta kuivan arvot 27.10. kohtalaiset (240), märkä 27 % kuivasta.

### Ääni

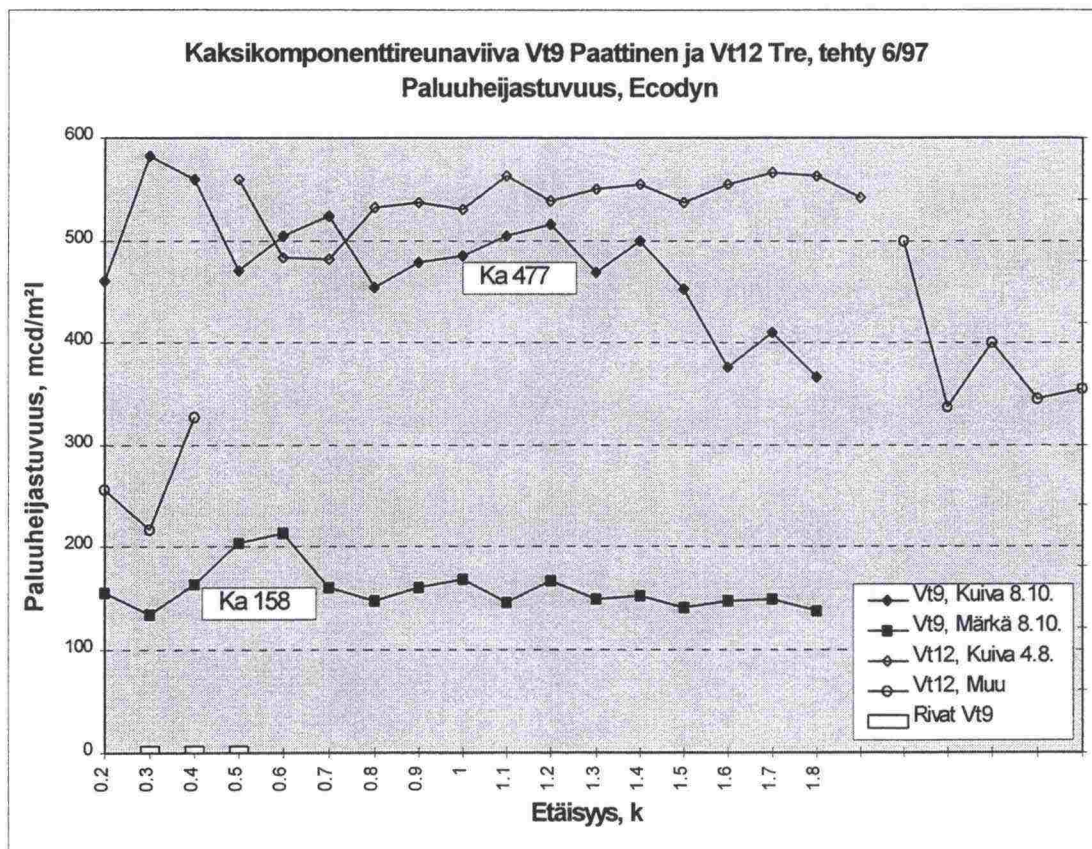
Koeviivoista ajettiin yli ja takaisin 80 km/h (Opel Vectra, V vaihde, renkaat: Nokian NRW), sisämeluhaiput kirjattiin silmämääräisesti melumittarin analogianäytöltä. Vertailuna käytettiin tavallista tasoreunaviivaa.



Viivatyyppe	Melunlisäys, dBA
Longflex	n. 2
Kamflex	n. 1
Jaksotus	ei
Koiranoksennus	ei
Koiranoksennus (rivat)	n. 5



Kuva 10. Paluuheijastuvuusmittaustulokset, Profiloitua.



Kuva 11. Paluuheijastuvuusmittaustulokset; Kaksikomponentti.

(vtt/yki/tmu 30.10.1997)



ISBN951-726-385-6  
ISSN0788-3722  
TIEL 3200488